



TESIS PM7501

**PENERAPAN *LEAN THINKING* DAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) UNTUK MENINGKATKAN *ECO-EFFICIENCY* PADA PRODUK *BACKSHEET DIAPERS***

SHABRINA DYAH MUTIARA  
NRP. 09211650015017

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng. Sc.

CO. PEMBIMBING  
Putu Dana Karningsih, S.T, M.Eng. Sc, Ph.D.

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
PROGRAM PASCASARJANA  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018

## LEMBAR PENGESAHAN

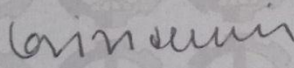
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

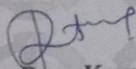
SHABRINA DYAH MUTIARA  
NRP. 09211650015017

Tanggal Ujian : 16 Juli 2018  
Periode Wisuda : September 2018

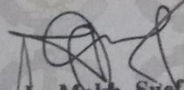
Disetujui oleh:

  
1. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc  
NIP. 19590318 198701 1 001

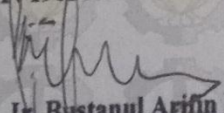
(Pembimbing)

  
2. Putu Dana Karningsih, ST, M.Eng.Sc, Ph.D  
NIP. 197405081999032001

(Pembimbing)

  
3. Dr. Ir. Mokh. Sufi, M.Sc (Eng)  
NIP. 196506301990031002

(Penguji)

  
4. Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc.  
NIP: 19590430 1989031 001

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,



Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc  
NIP. 19590318 198701 1 001

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Penerapan *Lean Thinking* dan *Life Cycle Assessment (LCA)* untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi dan Dampak Lingkungan Pada Produk *Backsheet Diapers*”. Tesis ini diajukan untuk memenuhi prasyarat untuk menyelesaikan studi Program Studi Magister Manajemen Teknologi Konsentrasi Manajemen Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan laporan penelitian tesis ini. Adapun pihak-pihak tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc. selaku dosen pembimbing Tesis yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan, pengarahan, dan ilmu pengetahuan.
2. Ibu Putu Dana Karningsih, S.T,M.Eng.Sc,Ph.D. Selaku Co. Pembimbing Tesis yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam memberikan bimbingan, masukan, pengarahan, dan ilmu pengetahuan.
3. Bapak Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc dan Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc(Eng) selaku tim dosen penguji, atas koreksi, saran dan masukan dalam pengerjaan tesis.
4. Prof. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Manajemen Teknologi.
5. Seluruh dosen pengajar yang telah memberikan pengajaran dan ilmu yang bermanfaat. Serta seluruh karyawan MMT-ITS yang telah banyak membantu dalam berbagai hal selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua serta adik saya tercinta yang selalu memberikan dukungan baik melalui doa ataupun material untuk kesuksesan dan kelancaran penelitian ini.

7. Suami yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan tesis.
8. Teman-teman MI kelas eksekutif angkatan 2016 yang selalu memotivasi, mengingatkan, memberi masukan, dan selalu memberi suntikan semangat kepada penulis dalam penyusunan Tesis ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak memberikan berbagai macam bantuan dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis telah berusaha mengerjakan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Namun demikian, penulis menyadari bahwa masih terdapat keterbatasan dalam penulisan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan penelitian tesis ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik pada penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis mengharapkan laporan tesis ini dapat bermanfaat untuk seluruh pihak di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2018

Shabrina Dyah Mutiara

**PENERAPAN *LEAN THINKING* DAN *LIFE CYCLE*  
ASSESSMENT (LCA) UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI  
DAN DAMPAK LINGKUNGAN PADA PRODUK *BACKSHEET*  
*DIAPERS***

Nama mahasiswa : Shabrina Dyah Mutiara  
NRP : 09211650015017  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono,  
M.Eng. Sc.

**ABSTRAK**

PT XYZ adalah salah satu industri pemasok *Fast Manufacturing Customer Goods* yang memproduksi *backsheet diapers* dimana menghasilkan emisi dan *waste* pada siklus produksi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, proses produksi belum efisien. Terdapat *waste* dan *downtime* yang tinggi ditemukan dalam proses produksi, banyaknya cacat sama dengan *waste* produksi. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan memperbaiki dampak lingkungan yang mempertimbangkan *lean and green* pada saat yang sama. Value Stream Mapping digunakan untuk identifikasi aktivitas-aktivitas yang tidak perlu. Identifikasi *waste* kritis dilakukan dengan Metode Count Borda. *Waste* kritis dalam setiap proses produksi adalah cacat/defect. Hasil penilaian dampak lingkungan dengan metode *Life Cycle Assessment* yang menggunakan *software* SimaPro adalah 115 kPt. Proses extruder menunjukkan dampak lingkungan tertinggi dikarenakan penggunaan material *polyethylene low density granulate* (PE-LLD). Dampak kategori tertinggi adalah *fossil fuels*, *respiratory inorganic*, dan *carcinogens*. Terdapat 3 alternatif perbaikan yaitu alternatif perbaikan 1 adalah penggunaan *recycle* dari *waste extruder* sebesar 10,18%; alternatif perbaikan 2 adalah penggunaan *recycle* dari *waste extruder* dan *slitting* sebesar 16,5%; dan alternatif perbaikan 3 adalah perubahan komposisi material dan penataan ulang WIP (*blank middle roll* dan *printed middle roll*). Berdasarkan target perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak lingkungan, alternatif yang dipilih adalah alternatif perbaikan ketiga.

Kata kunci: *Value Stream Mapping*, *lean thinking*, *Life Cycle Assessment*, efisiensi, *Borda Count Method*, SimaPro



# **APPLICATION OF LEAN THINKING AND LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) FOR IMPROVING ECO-EFFICIENCY ON BACKSHEET DIAPERS PRODUCTS**

Name : Shabrina Dyah Mutiara  
NRP : 09211650015017  
Advisor : Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono,  
M.Eng. Sc.

## **ABSTRACT**

PT XYZ is one of supplier Fast Manufacturing Customer Goods backsheet diapers that produces emission and wastes along cycle of production. Based on previous research, the process production performance is inefficient. It is found various wastes and downtime, defect product as well as wasted production. This research aims to improve the production efficiency and to be environmental friendly that's taking into account lean and green at the same time. To do so, Value Stream Mapping is utilized to identify the wasted activities. Identification of critical waste is performed by Borda Count Method. The critical waste in each production process is defect. The results of the environmental impact assessment with LCA method use software SimaPro is 115 kPt. Extruder process shows the highest environment impact because using materials from polyethylene low density granulate (PE-LLD). The highest category impact is fossil fuels, respiratory inorganics, and carcinogens. There are alternative improvements: the first is use recycle from waste extruder 10.18%; second are use recycle from waste extruder and slitting 16.5%; and third is changing material composition and re-layout of work in process (blank middle roll and printed middle roll). From quality and efficiency sides, selected alternative improvement is changing materials composition by increasing LLDPE portion in formula. Based on the company's target to improve efficiency and reduce environmental impacts, the selected alternative is the third improvement alternatives.

Keywords: *Value Stream Mapping, lean thinking, Life Cycle Assessment, efisiensi, Borda Count Method, SimaPro*





## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
1 BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
1.6 Asumsi Penelitian .....	6
1.7 Sistematika Penulisan Proposal Tesis .....	7
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 <i>Lean Thinking</i> .....	9
2.2 <i>Seven Waste</i> .....	11
2.3 <i>Value Stream Mapping</i> .....	12
2.4 <i>Borda Count Method</i> .....	16
2.5 <i>Lean and Green Production</i> .....	17
2.5.1 Perspektif <i>Lean</i> .....	17
2.5.2 Hubungan Penggunaan <i>Lean</i> dan Energi .....	18
2.5.3 Hubungan Penggunaan <i>Lean</i> dan <i>Chemical Waste</i> .....	20
2.6 Standar ISO 14000 .....	21
2.6.1 Konsep PDCA .....	22
2.7 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> .....	25
2.7.1 Tahapan dalam <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> .....	27
2.7.2 Stage Amatan pada <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> .....	31
2.7.3 Manfaat <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> .....	32

2.7.4	Batasan dalam Life Cycle Assessment (LCA) .....	33
2.7.5	Software SimaPro .....	33
2.8	Deskripsi Sistem.....	34
2.9	Hubungan VSM dan LCA .....	35
2.8	Perbandingan Penelitian .....	37
3	BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	39
3.1	Definisi Tujuan,Ruang Lingkup, dan Batasan Sistem .....	39
3.1.1	Definisi Tujuan .....	39
3.1.2	Definisi Ruang Lingkup .....	40
3.1.3	Batasan Sistem.....	40
3.2	Langkah-Langkah Penelitian.....	42
3.2.1	Tahap Pendahuluan.....	42
3.2.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	43
3.2.3	Tahap Analisis dan Pembahasan .....	46
3.2.4	Kesimpulan dan Saran .....	46
4	BAB IV PENERAPAN LEAN DAN LCA .....	47
4.1	Profile Perusahaan .....	47
4.1.1	Visi dan Misi .....	48
4.1.2	Struktur Organisasi .....	48
4.1.3	Produk.....	49
4.1.4	Layout.....	50
4.1.5	Mesin dan Peralatan.....	51
4.2	Proses Bisnis.....	57
4.3	Perhitungan Data untuk <i>Current State</i> VSM.....	59
4.3.1	Aktivitas Sebelum Proses Produksi .....	59
4.3.2	Perhitungan Data Aktivitas pada Proses Produksi .....	61
4.3.2.1	Perhitungan Waktu Normal dan Standar .....	61
4.3.2.2	Tingkat Persediaan Pada Proses Produksi .....	66
4.3.2.3	Tingkat Kualitas Pada Proses Produksi .....	67
4.3.2.4	Konsumsi Material Pada Proses Produksi .....	69
4.3.2.5	Konsumsi Energi Pada Proses Produksi .....	70
4.3.2.6	Current State VSM .....	70

4.4	Penentuan VA, NVA, dan NNVA.....	71
4.5	Penentuan Waste Kritis .....	74
4.5.1	Penentuan Waste Kritis Pada Proses Extruder .....	74
4.5.2	Penentuan Waste Kritis Pada Proses Printing .....	76
4.5.3	Penentuan Waste Kritis Pada Proses Slitting .....	76
4.5.4	Penentuan Waste Kritis Pada Proses Rewinding.....	77
4.6	<i>Life Cycle Assessment</i> .....	77
4.6.1	Definisi Tujuan dan Ruang Lingkup .....	78
4.6.2	<i>Life Cycle Inventory</i> .....	78
4.6.3	<i>Life Cycle Impact Assessment</i> .....	82
4.5.4	<i>Interpretation</i> .....	86
4.5.5	<i>Process Contribution</i> .....	87
4.7	Alternatif Perbaikan Sistem.....	87
4.7.1	Penggunaan recycle dengan target sebesar 10% .....	88
4.7.2	Penggunaan <i>recycle</i> dengan target sebesar 15% .....	91
4.7.3	Perubahan komposisi material.....	95
4.8	Analisis Alternatif Perbaikan Sistem .....	98
4.8.1	Alternatif Perbaikan Sistem 1 .....	99
4.8.2	Alternatif Perbaikan Sistem 2.....	100
4.8.3	Alternatif Perbaikan Sistem 3.....	101
4.9	Pemilihan Alternatif Perbaikan Sistem .....	102
4.10	<i>Future State Value Stream Mapping</i> .....	103
5	BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	105
5.1	Kesimpulan.....	105
5.2	Saran .....	106
	DAFTAR PUSTAKA .....	107
	LAMPIRAN	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Current State Map</i> .....	13
Gambar 2.2 <i>Future State Map</i> .....	14
Gambar 2.3 Langkah-Langkah pembuatan <i>Value Stream Mapping</i> .....	15
Gambar 2.4 PDCA .....	23
Gambar 2.5 Model Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001:2004.....	24
Gambar 2.6 Tahapan LCA berdasar ISO 14040 .....	31
Gambar 2.7 Deskripsi Sistem.....	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	41
Gambar 4.1 PT. XYZ.....	47
Gambar 4.2 <i>Backsheet Diapers</i> .....	49
Gambar 4.3 Komposisi Order Customer.....	50
Gambar 4.4 Layout.....	51
Gambar 4.5 Mesin Extruder .....	51
Gambar 4.6 Mesin Printing .....	54
Gambar 4.7 Mesin Slitter .....	55
Gambar 4.8 Mesin Rewinder .....	57
Gambar 4.9 Diagram SIPOC .....	58
Gambar 4.10 <i>Bill of Material</i> .....	59
Gambar 4.11 Peta Kontrol .....	63
Gambar 4.12 Prosentase Defect Extruder .....	68
Gambar 4.13 <i>Current State VSM</i> .....	70
Gambar 4.14 Diagram Ishikawa untuk <i>Defect Problem</i> .....	75
Gambar 4.15 Diagram Ishikawa untuk <i>Excessive Transportation</i> .....	75
Gambar 4.16 <i>System Boundaries</i> .....	78
Gambar 4.17 <i>Tree Diagram</i> .....	81
Gambar 4.18 Grafik <i>Characterization</i> .....	82
Gambar 4.19 Output <i>Characterization</i> .....	83
Gambar 4.20 Grafik <i>Normalization</i> .....	83
Gambar 4.21 Grafik <i>Normalization</i> .....	84

Gambar 4.22 Grafik <i>Weighting</i> .....	84
Gambar 4.23 Grafik <i>Normalization</i> dan <i>Single Score</i> .....	85
Gambar 4.24 Output <i>Weighting</i> .....	85
Gambar 4.25 <i>Process Contribution</i> .....	87
Gambar 4.26 Grafik <i>Weighting</i> Alternatif Perbaikan 1 .....	90
Gambar 4.27 Output <i>Weighting</i> Alternatif Perbaikan 1 .....	90
Gambar 4.28 <i>Process Contribution</i> Alternatif Perbaikan 1 .....	91
Gambar 4.29 Grafik <i>Weighting</i> Alternatif Perbaikan 2 .....	94
Gambar 4.30 Output <i>Weighting</i> Alternatif Perbaikan 2.....	94
Gambar 4.31 <i>Process Contribution</i> Alternatif Perbaikan 2 .....	94
Gambar 4.32 Penataan WIP .....	95
Gambar 4.33 Grafik <i>Weighting</i> Alternatif Perbaikan 3 .....	96
Gambar 4.34 Output <i>Weighting</i> Alternatif Perbaikan 3.....	97
Gambar 4.35 <i>Process Contribution</i> Alternatif Perbaikan 3 .....	97
Gambar 4.36 <i>Future State</i> VSM .....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Produk Cacat dan <i>Downtime</i> .....	1
Tabel 1.2 Data Production dan Waste 2016.....	1
Tabel 2.1 Contoh Peringkat Waste.....	16
Tabel 2.2 Dampak Lingkungan <i>Lean Waste</i> .....	18
Tabel 2.3 Implikasi Penggunaan <i>Lean Waste</i> dan Energi.....	20
Tabel 2.4 Pengukuran VSM.....	35
Tabel 2.5 Perbandingan Penelitian.....	37
Tabel 4.1 Detail Produk .....	49
Tabel 4.2 Mesin dan Fungsinya .....	57
Tabel 4.3 <i>Lead Time Supplier</i> .....	60
Tabel 4.4 Waktu Simpan Material .....	60
Tabel 4.5 Pengamatan STS Proses Extruder.....	61
Tabel 4.6 Uji Keseragaman Data .....	64
Tabel 4.7 Uji Kecekupan Data .....	64
Tabel 4.8 Perhitungan <i>Performance Rating</i> .....	64
Tabel 4.9 Perhitungan <i>Allowance</i> .....	65
Tabel 4.10 Perhitungan STS Proses Produksi.....	66
Tabel 4.11 Jumlah Persediaan.....	67
Tabel 4.12 Jumlah Cacat.....	68
Tabel 4.13 Konsumsi Material.....	69
Tabel 4.14 Konsumsi Energi .....	70
Tabel 4.15 Penentuan Aktivitas VA, NVA, dan NNVA.....	72
Tabel 4.16 Resume Penentuan Aktivitas VA, NVA, dan NNVA.....	73
Tabel 4.17 Prosentase Aktivitas VA, NVA, dan NNVA .....	73
Tabel 4.18 <i>Waste Kritis</i> Proses Extruder .....	74
Tabel 4.19 <i>Waste Kritis</i> Proses Printing .....	76
Tabel 4.20 <i>Waste Kritis</i> Proses Slitting .....	76
Tabel 4.21 <i>Waste Kritis</i> Proses Rewinding.....	77
Tabel 4.22 Input Proses Extruder.....	79

Tabel 4.23 Input Proses Printing .....	79
Tabel 4.24 Input Proses Slitting .....	80
Tabel 4.25 Input Proses Rewinding .....	80
Tabel 4.26 Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 1 .....	88
Tabel 4.27 Prosentase Defect Alternatif Perbaikan 1 .....	88
Tabel 4.28 Jumlah Persediaan Alternatif Perbaikan 1 .....	89
Tabel 4.29 Biaya Pembelian Material Alternatif Perbaikan 1 .....	90
Tabel 4.30 Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 2 .....	91
Tabel 4.31 Prosentase Defect Alternatif Perbaikan 2 .....	92
Tabel 4.32 Jumlah Persediaan Alternatif Perbaikan 2 .....	92
Tabel 4.33 Biaya Pembelian Material Alternatif Perbaikan 2 .....	93
Tabel 4.34 Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 3 .....	95
Tabel 4.35 Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 3 .....	95
Tabel 4.36 Biaya Pembelian Material Alternatif Perbaikan 3 .....	97
Tabel 4.37 Perbaikan Waktu Proses.....	98
Tabel 4.38 Rangkuman Alternatif Perbaikan.....	98
Tabel 4.39 Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Alternatif Perbaikan 1 .....	99
Tabel 4.40 Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Alternatif Perbaikan 2 .....	100
Tabel 4.41 Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Alternatif Perbaikan 3 .....	102



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Diapers merupakan salah satu kebutuhan utama bagi masyarakat yang memiliki batita/balita. Alasan dalam pemilihan diapers bagi konsumen adalah kepraktisan dimana dapat ditunjukkan dengan tingginya penggunaan *diapers* bentuk celana (*pants diaper*) dibandingkan dengan penggunaan diapers tipe perekat dan meningkatnya jumlah ibu yang bekerja. Peluang bisnis tersebut tentunya menggiurkan bagi para pelaku bisnis, terutama perusahaan yang bergerak di industri *Fast Moving Consumer Goods* (FMCG) seperti Unicharm, KAO, Wings, dll. Mereka terus bersaing meningkatkan produksi dan inovasi untuk produk *diapers*-nya. Perkembangan teknologi membuat para produsen berinovasi, diantaranya penggunaan polimer penyerap, plester pengunci/pengikat yang lebih elastis, bentuk dan kemampuan serapnya menjadi lebih baik, diapers lebih tipis dan nyaman dipakai, dan motif serta warnanya beragam. Untuk dapat bersaing dengan kompetitor, mereka memerlukan sejumlah supplier untuk memenuhi kebutuhan material-material, baik bahan baku maupun bahan pendukung yang berkualitas.

PT. XYZ merupakan salah satu supplier dari industri FMCG yang memproduksi *backsheet diapers*. *Backsheet diapers* sebagai komponen paling luar dari *diapers* yang berfungsi untuk mengurangi kelembaban yang disebabkan oleh udara yang terperangkap di dalam *diapers* sehingga dapat keluar melalui lapisan ini. Kapasitas produksi *backsheet diapers* rata-rata setiap bulan adalah 450 ton. Produksi yang dilakukan PT. XYZ menghasilkan *finish good*, WIP, dan *waste*. Selama proses produksi ditemukan produk cacat dan *downtime* yang tinggi serta pemborosan dari proses produksi lebih dari 15% sehingga belum tercapainya target perusahaan. Selain itu, penataan WIP (*blank middle roll*) kurang baik sehingga efisiensi waktu proses produksi belum maksimal. Target perusahaan adalah menjadi produsen *backsheet diapers* yang menerapkan *sustainable manufacturing* dan memenuhi standar pada ISO 14000, serta mencapai efisiensi

produksi sebesar 85%. Tabel 1.1 menunjukkan data mengenai produk cacat dan *downtime* dalam proses produksi *backsheet diapers* dan Tabel 1.2 menunjukkan rata-rata efisiensi perusahaan pada tahun 2016 adalah 79.41% dan *loss* sebesar 20.59%.

**Tabel 1.1** Data Produk Cacat dan *Downtime*

Date	Product Defect (%)	Downtime Machine Extruder (%)	Downtime Machine Printing (%)	Downtime Machine Slitter (%)
Jan-16	16.08	13.89	22.5	20.00
Feb-16	19.88	17.50	21.96	17.00
Mar-16	20.46	12.09	25.01	18.00
Apr-16	20.71	11.70	21.09	18.00
May-16	18.76	11.35	18.47	20.00
Jun-16	22.77	9.87	12.86	19.00
Jul-16	24.78	11.94	12.63	18.00
Aug-16	23.83	11.56	15.38	19.00
Sep-16	20.59	7.96	15.57	17.00
Oct-16	18.61	15.06	22.40	17.00
Nov-16	21.23	8.33	16.16	20.00
Dec-16	20.40	6.51	18.27	18.00

Sumber: Data perusahaan (2016)

**Tabel 1.2** Data *Production Yield* dan *Waste* 2016

No.	Bulan	Production Yield (%)	Waste (%)
1	Januari	84.41%	15.59%
2	Februari	74.79%	25.21%
3	Maret	88.59%	11.41%
4	April	78.95%	21.05%
5	Mei	83.94%	16.06%
6	Juni	77.83%	22.17%
7	Juli	76.77%	23.23%
8	Agustus	73.38%	26.62%
9	September	78.39%	21.61%
10	Oktober	76.81%	23.19%
11	November	78.30%	21.70%
12	Desember	80.81%	19.19%

Sumber: Data perusahaan (2016)

*Backsheet diapers* termasuk salah satu jenis plastik yaitu *polyethylene*. Plastik adalah salah satu bahan yang paling serbaguna dan banyak digunakan. Limbah plastik juga menghasilkan limbah lingkungan yang besar karena tingkat *degreable* yang sangat rendah tapi memiliki tingkat produksi yang tinggi (Gallimore dan Cheung., 2016). Limbah plastik merupakan hasil produksi dan dibuang ke lingkungan berupa limbah padat, limbah air dan emisi. Pentingnya dilakukan pengelolaan limbah karena limbah yang tidak disimpan/dibuang dengan benar dapat menimbulkan dampak negatif dan menyebabkan masalah kesehatan, keselamatan, ekonomi dan lingkungan. Dampak dari proses produksi plastik terhadap lingkungan seperti perubahan iklim, penipisan ozon dll. Dampak dari aktivitas produksi *backsheet diapers* adalah suhu ruang produksi tertinggi mencapai 42° C, adanya asap yang berasal dari proses pemanasan material, bau tinta dan *solvent* yang menyengat dimana disebabkan oleh proses printing. Dampak ini dapat dikurangi dengan mengadopsi metode produksi yang lebih efektif dan pendekatan desain (misalnya desain untuk lingkungan) menggunakan sedikit bahan yang pada gilirannya akan menghasilkan sedikit limbah (Shahbaziet al., 2016).

Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengurangi pemborosan adalah *lean thinking*. *Lean thinking* tidak hanya berfokus pada tujuan seperti profitabilitas dan efisiensi tetapi juga kepuasan pelanggan, kualitas, dan daya tanggap. *Lean thinking* telah berkembang menjadi *lean and green thinking* sebagai intervensi yang ditargetkan bagi organisasi untuk menerapkan model bisnis yang berkelanjutan dimana mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi material, dan selanjutnya meminimalkan biaya (Caldera et al., 2017). EPA (2009) menyebutkan bahwa profesional *green and lean* sering beroperasi paralel, menggunakan bahasa yang berbeda dan melibatkan orang yang berbeda, memiliki tujuan yang sama dan menggunakan beberapa alat serupa. Dalam hal ini *Value Stream Mapping* merupakan salah satu alat yang penting yang digunakan dalam *lean thinking* untuk mengidentifikasi *waste*. *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk memetakan kondisi operasi saat ini dan pemetaan dilakukan melalui teknik

observasi dan wawancara. Hasil VSM adalah *ratio value added time* dan *non-value added time*.

Dengan mengidentifikasi, menganalisis, dan menerapkan *lean thinking* dan VSM, maka semua pemborosan yang dapat diidentifikasi, seperti jika banyak cacat produk, maka *waste* menjadi meningkat dan perusahaan harus melakukan proses *rework*/produksi lagi dimana hal tersebut menyebabkan *overproduction* dan sistem tersebut menjadi tidak *sustainable*. Banyak bukti yang menunjukkan bahwa *lean* bermanfaat untuk *sustainable manufacturing*, dimana dominan pada perspektif lingkungan dan aspek ekonomi (Hartini dan Ciptomulyono, 2015). *Sustainable manufacturing* mengarahkan untuk mendesain sistem manufaktur yang ramah lingkungan dengan cara mengubah pengelolaan bahan baku, penggunaan energi, proses produksi, dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu alat yang digunakan dalam penerapan *sustainable manufacturing* adalah *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak lingkungan yang disebabkan pada saat pemakaian listrik, air, emisi, dan limbah padat maupun limbah cair oleh konsumen sebagai dasar penentuan alternatif perbaikan (Siregar, 2013).

Berdasarkan masalah-masalah diatas, maka diperlukan penelitian dengan mengidentifikasi pemborosan, menghitung *value added* dan *non value added activity* untuk dapat menerapkan proses produksi yang efektif dan efisien sehingga dapat mencapai *production yield* 85% yang sesuai dengan target perusahaan. Disamping target proses produksi yang efektif dan efisien, maka diperlukan pengukuran dampak lingkungan dari proses produksi *backsheet diapers*. Hal tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan alternatif-alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas produksi *backsheet diapers*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang berkaitan dengan analisis efisiensi dan dampak lingkungan pada proses produksi dan dampak lingkungan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mengidentifikasi potensi *waste* dan menghubungkan *waste* dengan dampak lingkungan?
2. Bagaimana cara perbaikan dampak lingkungan terkait material dan proses produksi *backsheet diapers*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan identifikasi *waste* dengan menggunakan *lean thinking* dan *Value Stream Mapping* serta meningkatkan efisiensi proses produksi.
2. Melakukan perbaikan kualitas lingkungan dengan cara melakukan perbaikan proses/penggantian material.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan berguna untuk:

1. Praktisi

Bahan pertimbangan bagi pengambil keputusan di perusahaan dalam melakukan efisiensi produksi dan mengetahui dampak lingkungan dari material dan proses produksi.

2. Pengembangan keilmuan

Bahan informasi bagi penelitian lanjutan di bidang *lean thinking* dan *Life Cycle Assessment (LCA)*.

### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk mendapatkan langkah-langkah solusi yang tepat, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut.

1. Lokasi penelitian berada di PT. XYZ NIP-Mojokerto, Jawa Timur.
2. Obyek penelitian adalah *backsheet diapers* dengan material *masterbatch*.
3. Data waktu proses produksi diambil pada tahun 2016-2017 dan saat ini tidak ada perubahan data.
4. Data produksi diambil dari proses produksi dengan 3 shift.

### **1.6 Asumsi Penelitian**

Asumsi-asumsi yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Operator dalam melakukan kegiatan produksi dalam keadaan normal.
2. Parameter dampak lingkungan yang diturunkan oleh software SimaPro cukup representative dengan kondisi objek penelitian.
3. Tidak ada perubahan proses selama penelitian.

## **1.7 Sistematika Penulisan Proposal Tesis**

Sistematika penulisan proposal tesis dapat dijelaskan secara sistematis sebagai berikut.

### **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini diuraikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi penelitian serta sistematika penulisan proposal tesis.

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi landasan teori-teori yang menjadi dasar dan acuan dalam penelitian dan analisis yang akan dilakukan.

### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Pada bab ini diuraikan pengumpulan dan pengolahan data serta alat bantu yang digunakan pada pengolahan data dan analisis penelitian ini.

### **BAB IV: PEMBAHASAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang deskripsi obyek penelitian, data-data yang diperoleh dalam penelitian, analisis dan hasil perhitungan yang dilakukan. Pada akhir bab ini dilakukan pembahasan terhadap hasil analisis penelitian.

### **BAB V: KESIMPULAN**

Pada bab ini diuraikan kesimpulan-kesimpulan terhadap keseluruhan pembahasan yang dilengkapi dengan saran-saran untuk perbaikan dalam penelitian di masa mendatang.

### **LAMPIRAN**

Pada bagian ini berisi data pendukung dan hasil perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini.

*Halaman sengaja dikosongkan*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan menguraikan literatur-literatur yang membahas tentang *lean thinking*, *seven waste*, *Value Stream Mapping*, dan *Life Cycle Assessment* (LCA).

#### **2.1 Lean Thinking**

Lean dapat didefinisikan sebagai suatu pendekatan sistemik dan sistematis untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan (*waste*), atau aktivitas yang tidak bernilai tambah (*non-value-adding activities*) melalui peningkatan terus-menerus (*continuous improvement*) dengan cara mengalirkan produk (*material, work-in-process, output*) dan informasi menggunakan sistem tarik (*pull system*) dari internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kesempurnaan (Gaspersz, 2007). Konsep '*lean*' berevolusi dari *shop floors* pabrikan Jepang, *Toyota Motor Corporation*, yang difokuskan pada pengurangan limbah dalam operasi (Herron dan Hicks, 2008). *Lean* yang diterapkan pada keseluruhan perusahaan disebut *Lean Enterprise*. *Lean* yang diterapkan pada bidang manufaktur disebut *Lean Manufacturing*. Terdapat lima prinsip dasar *Lean*:

1. Tentukan nilai dari sudut pandang pelanggan.

Penting untuk mengetahui apa yang pelanggan ingin beli dan pelanggan mana yang berada pada titik awal. Pelanggan membeli hasil tapi bukan produk. Misalnya, mereka ingin membeli makanan segar tapi bukan kulkas. Artinya, tujuan membeli kulkas adalah menjaga agar makanan tetap segar, tapi bukan kulkas itu sendiri, karena tidak masuk akal jika kulkas tidak memiliki fungsi yang memenuhi kebutuhan pelanggan. Sementara itu, penting untuk mengetahui siapa pelanggannya. Mereka bisa menjadi pelanggan eksternal: pelanggan akhir, perusahaan berikutnya di sepanjang rantai, atau pelanggan pelanggan. Mereka juga bisa menjadi pelanggan internal yang berasal dari proses selanjutnya.

## 2. Identifikasi *value stream*.

Hal ini penting untuk memahami urutan proses dari bahan baku sampai pelanggan akhir, atau dari konsep produk hingga peluncuran pasar. Sebagaimana dibahas dalam prinsip pertama, dari sudut pandang pelanggan, nilai setara dengan apa pun yang bersedia dibayar pelanggan dalam produk atau layanan. Dengan demikian sudut pandang objek (atau produk atau pelanggan) adalah *vocal point* namun bukan prosesnya. Alat ini, VSM, dikembangkan untuk pemetaan pekerjaan bernilai tambah dan pekerjaan tanpa nilai tambah dalam prosesnya.

## 3. *Flow*

Buatlah langkah-langkah menciptakan nilai dalam urutan yang ketat sehingga produk akan mengalir dengan lancar ke arah pelanggan. *One piece flow* dikembangkan untuk membuat *value flow*.

## 4. *Pull*

Seiring arus diperkenalkan, nilai ditarik oleh pelanggan dari aktivitas hulu berikutnya.

## 5. *Perfection*

*Perfection* mengacu pada nilai sempurna. Sebagai nilai yang ditentukan, *value streams* diidentifikasi, langkah-langkah terbuang dihapus, dan *flow and pull* diperkenalkan, mulailah prosesnya lagi dan lanjutkan sampai keadaan sempurna tercapai dimana nilai sempurna tercipta tanpa ada pemborosan.

Tujuan utama penerapan *lean production* bagi perusahaan adalah meningkatkan keuntungan dengan mengurangi biaya, meningkatkan output, dan memperpendek *lead time* (*lead time* adalah periode antara pesanan pelanggan dan pengiriman produk akhir) melalui penghapusan limbah, dan juga untuk memberikan kualitas tertinggi. Penghapusan limbah memungkinkan peningkatan produktivitas dan kualitas yang terkait dengan pengurangan biaya dan waktu pengiriman ke pelanggan (Wang and Sezen, 2011). Pascal (2002) juga menambahkan keamanan, lingkungan, dan moral terhadap tujuan inti berdasarkan harapan pelanggan. Hal ini dapat diringkas sebagai PQCDSE yang berarti *productivity, quality, cost, delivery time, safety and environment, and morale*.

## 2.2 Seven Waste

Prinsip utama dari pendekatan *lean* adalah pengurangan atau eliminasi pemborosan (*waste*). *Waste* bisa diartikan juga sebagai aktivitas-aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi throughput perusahaan. Ada tujuh tipe *waste* (*seven waste*) yang identifikasikan oleh Shigeo Shingo (Hines & Taylor, 2000) yaitu:

1. *Over production*

Merupakan kegiatan produksi yang terlalu banyak atau terlalu cepat yang menyebabkan terganggunya aliran informasi atau barang, dan *inventory* yang berlebih.

2. *Defect (Reject)*

Merupakan *waste* berupa kesalahan yang terjadi pada proses pengerjaan, permasalahan kualitas produk, atau rendahnya performansi dari pengiriman barang atau jasa.

3. *Unnecessary Inventory*

Merupakan *waste* yang berupa penyimpanan dan penundaan yang berlebihan dari informasi dan produk yang menimbulkan peningkatan biaya dan penurunan *customer service*.

4. *Inappropriate Processing*

Merupakan *waste* yang disebabkan oleh proses kerja yang dilaksanakan dengan menggunakan set peralatan, prosedur, atau sistem yang tidak sesuai dengan kapasitas dan kemampuan suatu operasi kerja.

5. *Excessive Transportation*

Merupakan *waste* yang berupa perpindahan yang berlebihan dari manusia, informasi dan barang yang mengakibatkan pemborosan waktu, usaha, dan biaya.

6. *Waiting/Idle*

Merupakan *waste* yang berupa kondisi tidak aktifnya manusia, informasi, atau barang dalam periode yang lama yang menyebabkan aliran terganggu dan panjangnya *lead time*.

## 7. *Unnecessary Motion*

Merupakan *waste* yang berupa kondisi buruknya organisasi tempat kerja yang menyebabkan rendahnya tingkat ergonomis didalamnya, seperti pergerakan *bending* atau *stretching* yang berlebihan dan sering terjadinya kehilangan item-item tertentu.

### 2.3 *Value Stream Mapping*

*Value Stream Mapping* adalah suatu alat yang ideal sebagai langkah awal dalam melakukan proses perubahan untuk mendapatkan kondisi *lean manufacturing* atau *lean enterprises* (Goriwondo et al, 2011). *Value stream* didefinisikan sebagai aktivitas khusus didalam suatu *supply chain* yang diperlukan untuk perancangan, pemesanan dan penetapan suatu spesifik produk atau *value* (Hines and Taylor, 2000). *Value stream mapping* (VSM) adalah *tools* untuk mengidentifikasi aktivitas yang *value added* dan *non-value added* pada industri manufaktur, sehingga mempermudah untuk mencari akar permasalahan pada proses (McWilliams and Tetteh, 2008). *Tool* ini mampu menunjukkan *error* dalam suatu gambaran pada *current state system* dan digunakan untuk membuat kondisi yang ideal pada *future state system*. *Value stream mapping* juga merupakan suatu mapping tool yang digunakan untuk menggambarkan jaringan *supply chain*.

VSM memetakan tidak hanya aliran material tetapi juga aliran informasi yang menandakan dan mengontrol aliran material. Jalur aliran material dari suatu produk ditelusuri balik dari operasi akhir dan perjalanannya ke lokasi penyimpanan *raw material*. Aliran ini menggambarkan representasi fasilitas proses dari implementasi *lean* dengan cara membantu mengidentifikasi tahapan-tahapan *value-added* pada suatu *value stream*, dan mengeliminasi tahapan-tahapan *non-value added* atau *waste* (muda).

Terdapat tiga jenis aktivitas yang digunakan untuk memudahkan identifikasi *waste* yaitu (Hines & Taylor, 2000):

1. *Value Added (VA) Activity*

Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang memberikan nilai tambah dimata konsumen.

2. *Non Value Added (NVA) Activity*

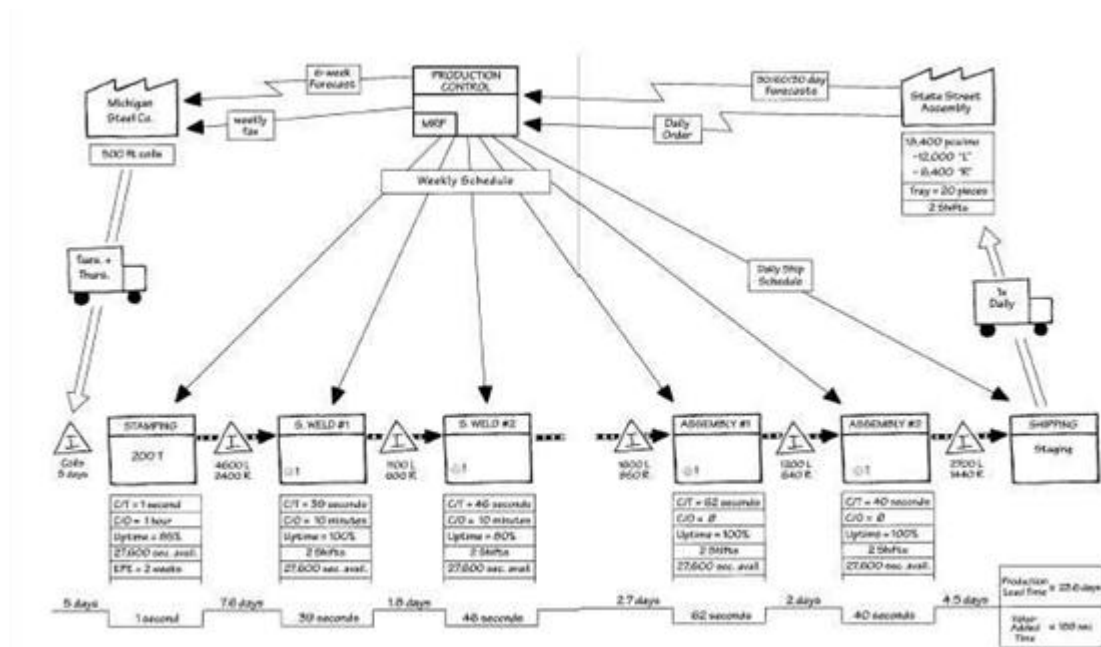
Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah dimata konsumen. Aktivitas inilah yang disebut waste yang harus dijadikan target untuk segera dihilangkan.

3. *Necessary but Non Value Added (NNVA) Activity*

Segala aktivitas yang dalam menghasilkan produk atau jasa yang tidak memberikan nilai tambah dimata konsumen tetapi diperlukan kecuali apabila sudah ada perubahan pada proses yang ada. Aktivitas ini biasanya sulit untuk dihilangkan dalam waktu singkat, sehingga harus dijadikan target untuk melakukan perubahan dalam jangka waktu yang cukup lama.

*Value stream mapping* terdiri dari 2 tipe (Tilak et al), yaitu :

1. *Current state map* merupakan konfigurasi *value stream* produk saat ini, menggunakan ikon dan terminologi spesifik untuk mengidentifikasi *waste* dan area untuk perbaikan atau peningkatan (*improvement*).

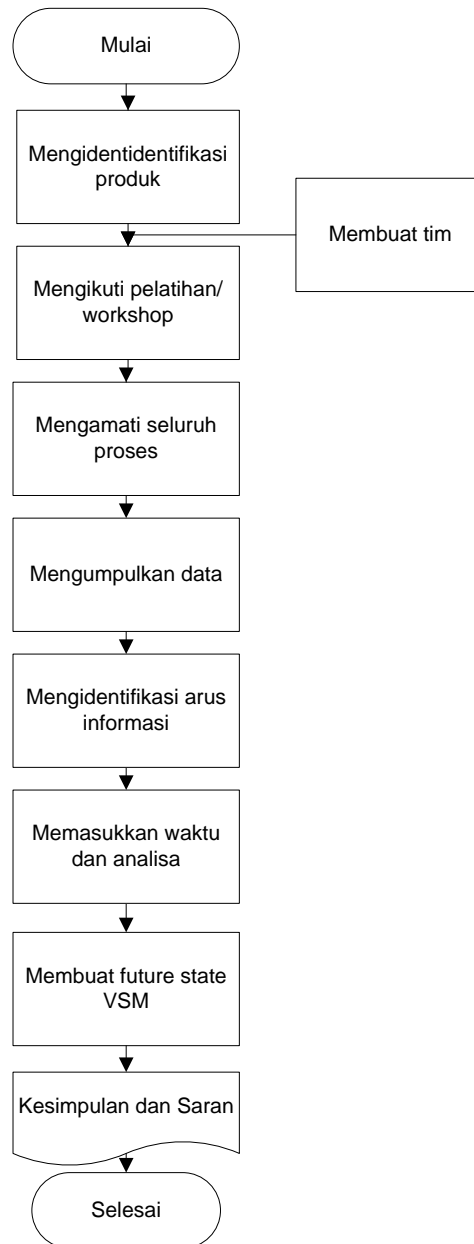


**Gambar 2.1** *Current State Map* (Rother & Shook, 1999)

- [illegible]

**Gambar 2.2** *Future State Map* (Rother & Shook, 1999)

Langkah-langkah dari VSM adalah sebagai berikut (Salonen, 2008).



**Gambar 2.3** Langkah-Langkah pembuatan *Value Stream Mapping* (Salonen, 2008)

## 2.4 Borda Count Method (BCM)

*Borda Count Method* ditemukan oleh Jean Charles de Borda, merupakan teknik langsung untuk melakukan perhitungan peringkat dari beberapa alternatif pilihan (Nas, Zhang, & Strawderman, 2011). Menurut Singh dan Sharan (2015), responden atau pemilih mengisi pilihan *preferential*, sesuai dengan peringkatnya dari pertama sampai dengan terakhir. Apabila ada  $n$  pilihan, maka peringkat pertama nilainya  $n$ , kemudian peringkat kedua nilainya  $n-1$ , pilihan ketiga nilainya  $n-2$ , dan seterusnya. Hasil dari nilai tersebut dapat menentukan peringkat dari semua pilihan tersebut, yang mendapatkan nilai tertinggi adalah peringkat pertama. *Borda Count Method* ini dapat digunakan untuk menentukan prioritas *waste* mana yang akan diselesaikan terlebih dahulu menggunakan kuisisioner kepada bagian yang terkait. Tabel 2.1 menunjukkan contoh peringkat *waste* dengan *Borda Count Method*.

**Tabel 2.1** Contoh Peringkat *Waste* dengan *Borda Count Method*

Waste	Responden			
	Alfa	Beta	Charlie	Delta
A	1	1	3	2
B	3	2	1	4
C	2	4	2	1
D	4	3	4	3

Maka akan didapatkan nilai sebagai berikut.

$$\text{Waste score (A)} = 4+4+2+3 = 13$$

$$\text{Waste score (B)} = 2+3+4+1 = 10$$

$$\text{Waste score (C)} = 3+1+3+4 = 11$$

$$\text{Waste score (D)} = 1+2+1+2 = 6$$



## **2.5 Lean and Green Production**

### **2.5.1 Perspektif Lean**

Menurut EPA, *lean manufacturing* secara signifikan memperbaiki kinerja lingkungan organisasi melalui fokus metodenya pada penghapusan kegiatan yang *non value added*. Pengurangan cacat, menunggu, overproduksi, pergerakan, persediaan, kompleksitas dan kegiatan *non value added* (jenis limbah manufaktur yang umum) mengarah pada seperangkat manfaat lingkungan, termasuk penggunaan energi yang lebih sedikit; pengurangan limbah padat dan berbahaya; penelitian mengenai emisi yang lebih rendah dari polutan udara berbahaya.

EPA juga menyatakan bahwa keuntungan lingkungan yang substansial dapat diperoleh melalui inisiatif lean dimana organisasi memungkinkan untuk mengurangi material, energi, air, ruang, dan peralatan yang dibutuhkan per unit produksi sambil meningkatkan produktivitas sumber daya dan efisiensi produksi. Dampak lingkungan dari operasional organisasi dapat dikurangi melalui penerapan lean dengan mengurangi limbah manufaktur (*defects, waiting, overproduction, movement, inventory, complexity* dan *unused creativity*). Contohnya bisa mengurangi cacat: produk yang rusak dan dampak lingkungan terkait dengan bahan dan pengolahan yang digunakan dapat dibatasi oleh eliminasi cacat. Sementara itu, limbah dan emisi yang dihasilkan dari pengerjaan ulang dan pembuangan produk yang cacat juga berkurang. Demikian juga, persyaratan ruang fasilitas, bersama dengan air, energi, dan penggunaan material yang terkait dengan pemanasan, pendinginan, pencahayaan, dan perawatan fasilitas dapat dikurangi bila tingkat persediaan terkait berkurang. Tabel 2.2 dibawah ini menggambarkan dampak lingkungan yang terkait dengan limbah *sustainable manufacturing* bertujuan untuk eliminasi.

**Tabel 2.2** Dampak Lingkungan *Lean Waste*

Waste Type	Environmental Impacts
Defects	<ul style="list-style-type: none"><li>• Raw materials consumed in making defective products</li><li>• Defective components require recycling or disposal</li><li>• More space required for rework and repair, increasing energy use for heating, cooling, and lighting</li></ul>
Waiting	<ul style="list-style-type: none"><li>• Potential material spoilage or component damage causing waste</li><li>• Wasted energy from heating, cooling, and lighting during production downtime</li></ul>
Overproduction	<ul style="list-style-type: none"><li>• More raw materials consumed in making the unneeded products</li><li>• Extra products may spoil or become obsolete requiring disposal</li></ul>
Movement	<ul style="list-style-type: none"><li>• More energy use for transport</li><li>• Emissions from transport</li><li>• More space required for work-in-process (WIP) movement, increasing lighting, heating, and cooling demand and energy</li></ul>

Sumber: Wang and Sezen (2011)

Dapat dikatakan bahwa metode *lean* dapat digunakan untuk memahami bagaimana energi digunakan di fasilitas dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi penggunaan energi dan biaya. Berdasarkan hal tersebut, hubungan identifikasi *lean* dan energi dapat dibangun melalui *Value Stream Mapping*, *Lean Six Sigma* dan *Kaizen Events*.

### 2.5.2 Hubungan Penggunaan *Lean* dan Energi

Organisasi dapat mengurangi energi yang dibutuhkan untuk peralatan listrik, petir, pemanasan, dan pendinginan dengan mengeliminasi limbah manufaktur, seperti transportasi dan proses yang tidak perlu. Dapat dinyatakan juga bahwa energi merupakan masukan penting dan berharga untuk kebanyakan proses produksi dan *value stream*. EPA menyatakan bahwa dengan memusatkan perhatian pada penggunaan energi yang tidak perlu sebagai "*deadly waste*" dan upaya pengurangan limbah, organisasi dapat secara signifikan mengurangi biaya dan meningkatkan daya saing, sekaligus mencapai tujuan lingkungan. Alasan untuk mengintegrasikan upaya penggunaan *lean* dan energi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. *Cost Savings*

Mengurangi biaya energi yang memiliki dampak signifikan terhadap kinerja bisnis, walaupun biaya mungkin tersembunyi pada *overhead* atau *facility account*.

b. Perubahan iklim dan resiko lingkungan

Secara proaktif menangani dampak lingkungan dan iklim penggunaan energi yang semakin penting bagi industri dan masyarakat. Kegagalan untuk melakukannya adalah potensi risiko bisnis.

c. Keunggulan kompetitif

Menurunkan biaya operasional yang berulang, meningkatkan semangat kerja staf, dan menanggapi harapan pelanggan akan kinerja lingkungan dan efisiensi energi sehingga meningkatkan keunggulan kompetitif.

Selain itu, menurut EPA manfaat koordinasi *Lean* dan Manajemen Energi dapat dinyatakan sebagai berikut.

- a. *Reduction of operating and maintenance costs*
- b. *Reduction of vulnerability to energy and fuel price increases*
- c. *Meeting customer expectations*
- d. *Enhancing productivity*
- e. *Improving safety*
- f. *Improving employee morale and commitment*
- g. *Improving environmental quality*
- h. *Reducing greenhouse gas emissions*
- i. *Remaining below air permitting emission thresholds*
- j. *Increasing overall profit*

Organisasi mungkin telah mengamati pengurangan penggunaan energi dari penerapan *lean* karena EPA mengklaim bahwa penggunaan energi terkait dengan, dalam *lean waste*. Tabel 2.3 menunjukkan limbah yang ditargetkan oleh metode *lean* dan implikasi penggunaan energi terkait.

**Tabel 2.3** Implikasi Penggunaan *Lean Waste* dan Energi

Waste Type	Energy Use
Overproduction	<ul style="list-style-type: none"><li>• More energy consumed in operating equipment to make unnecessary products</li></ul>
Inventory	<ul style="list-style-type: none"><li>• More energy used to heat, cool, and light inventory storage and warehousing space</li></ul>
Transportation and Motion	<ul style="list-style-type: none"><li>• More energy used for transport</li><li>• More space required for work in process (WIP) movement, increasing lighting, heating, and cooling demand and energy consumption</li></ul>
Defects	<ul style="list-style-type: none"><li>• Energy consumed in making defective products</li><li>• More space required for rework and repair, increasing energy use</li></ul>

Sumber: Wang and Sezen (2011)

### 2.5.3 Hubungan antara *Lean* dan *Chemical Waste*

Limbah kimia sebagai bagian dari limbah lingkungan mengacu pada penggunaan kimiawi yang tidak perlu/berlebihan, atau zat kimia yang dapat membahayakan kesehatan manusia atau lingkungan saat dilepaskan ke udara, air, atau tanah. Dan banyak limbah kimia dapat diklasifikasikan sebagai berbahaya, yang dapat dianggap paling berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

*Value Stream Mapping* dapat menjadi alat yang kuat untuk mengamati limbah kimiawi yang terjadi dalam proses dan bagaimana bahan kimia mempengaruhi waktu, kualitas, dan nilai biaya dengan beberapa sedikit penambahan. Menurut EPA, ada dua strategi untuk mengintegrasikan bahan kimia ke dalam metode *Value Stream Mapping* yaitu:

- a. Menambahkan metrik kimia kedalam *Value Stream Mapping*.
- b. Memeriksa input dan output lingkungan utama di *Value Stream Mapping*

## 2.6 Standar ISO 14000

Menurut *International Organization of Standardization*, organisasi menjadi semakin sadar akan perlunya pengelolaan lingkungan, perilaku bertanggung jawab secara sosial, dan pertumbuhan dan perkembangan yang berkelanjutan. Pengelolaan masalah lingkungan secara proaktif berkaitan langsung dengan manajemen risiko perusahaan, tata kelola perusahaan, dan praktik dan kinerja operasional dan keuangan yang baik. Oleh karena itu, *International Standards* (rangkaian ISO 14000, *International Organization of Standards* untuk pengelolaan lingkungan) menjadi lebih penting bagi organisasi untuk mencapai praktik pengelolaan lingkungan yang umum dan setara untuk mendukung keberlanjutan organisasi, produk dan layanan.

Asal usul ISO 14000 didirikan oleh komite teknis ISO / TC 207, pengelolaan lingkungan, yang bertanggung jawab untuk mengembangkan dan memelihara standar standar ISO 14000. Sebagai hasil dari studi ISO / TC 207, standar ISO 14000 untuk pengelolaan lingkungan dilepaskan untuk membantu tindakan implementasi organisasi pembangunan berkelanjutan sebagai kotak peralatan praktis. ISO mendefinisikan ruang lingkup ISO / TC 207, yang menangani beberapa area kerja sebagai berikut:

- a. *Environmental management systems*
- b. *Environmental auditing and related environmental investigations*
- c. *Environmental performance evaluation*
- d. *Environmental labeling*
- e. *Life cycle assessment*
- f. *Environmental communication*
- g. *Environmental aspects of product design and development*
- h. *Environmental aspects in product standards*
- i. *Terms and definitions*
- j. *Greenhouse gas management and related activities*
- k. *Measuring the carbon footprint of products.*

*International Organization of Standards* (ISO) menerbitkan berbagai standar yang membentuk ISO 14000 series. Informasi mengenai ruang lingkup

dan tujuan standar yang dipublikasikan dari keluarga ISO 14000 dapat dinyatakan sebagai berikut :

- a. ISO 14001: dapat disebut sebagai kerangka kerja paling terkenal di dunia untuk sistem manajemen lingkungan (EMS). Tujuannya adalah untuk membantu organisasi mengelola dampak lingkungan dari aktivitas mereka dan untuk menunjukkan pengelolaan lingkungan yang komprehensif.
- b. ISO 14004: melengkapi ISO 14001 dengan membuktikan panduan tambahan dan penjelasan yang berguna.
- c. ISO 14020: mengkaji berbagai pendekatan yang berbeda terhadap label dan deklarasi lingkungan, termasuk pelabelan lingkungan, klaim lingkungan yang dinyatakan sendiri, dan informasi lingkungan yang terukur mengenai produk dan layanan.
- d. ISO 14031: membantu organisasi untuk mengevaluasi kinerja lingkungan mereka dengan memberikan panduan bagaimana melakukan evaluasi kinerja.
- e. ISO 14040: memberikan panduan tentang prinsip dan penilaian Life Cycle Assessment (LCA).
- f. ISO 14063: memberikan panduan dan contoh tentang komunikasi lingkungan yang membantu perusahaan membuat tautan penting bagi pemangku kepentingan eksternal.
- g. ISO 14064 bagian 1, 2 dan 3: menyediakan seperangkat persyaratan yang jelas dan dapat diverifikasi untuk mendukung organisasi dan pendukung proyek pengurangan emisi GRK (GRK) dengan standar akuntansi dan verifikasi GHG internasional.
- h. Panduan ISO 64: memberikan panduan dalam mengemukakan aspek lingkungan dalam standar produk. Terutama, ia menargetkan pengembang standar namun juga berguna bagi perancang dan produsen.

### **2.6.1 Konsep PDCA**

Hampir semua sistem manajemen berpijak pada konsep PDCA (Deming cycle), dimana setiap konsep tersebut diterjemahkan dalam bentuk klausul – klausul yang lebih detil untuk memudahkan kita dalam menerapkan sistem

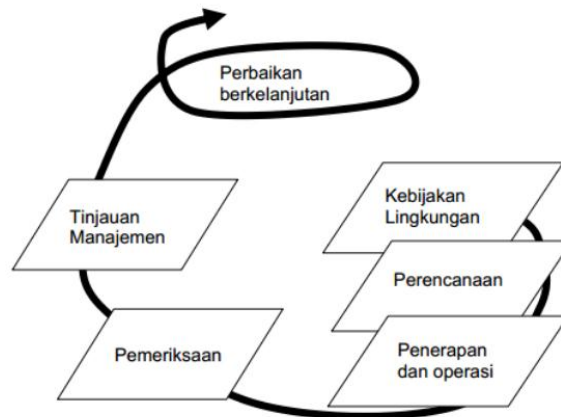
manajemen mutu ISO 9001, system manajemen lingkungan ISO 14001 dan sistem manajemen K3 OHSAS 18001. Pengertian PDCA ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** PDCA (Wikipedia)

- a. Plan:  
Menetapkan sasaran-sasaran dan proses-proses yang dibutuhkan untuk memberikan hasil-hasil yang sesuai dengan persyaratan pelanggan dan kebijakan organisasi.
- b. Do:  
Melaksanakan proses-prosesnya.
- c. Check:  
Memonitor dan mengukur proses-proses dan produk, kemudian membandingkannya dengan kebijakan-kebijakan, sasaran-sasaran dan persyaratan produk yang telah ditetapkan sebelumnya, melakukan analisa data dan melaporkan hasil-hasilnya.
- d. Act:  
Melakukan tindakan-tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki kinerja proses secara kontinu.

Konsep PDCA ini dapat digunakan oleh berbagai macam system manajemen termasuk sistem manajemen mutu ISO 9001, sistem manajemen lingkungan ISO 14001, sistem manajemen K3 OHSAS 18001, ataupun sistem manajemen yang lain dimana ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Model Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001 : 2004 (Kuhre, 1996)

Enam prinsip dasar EMS adalah sebagai berikut.

1. Kebijakan Lingkungan

Kebijakan lingkungan harus terdokumentasi dan dikomunikasikan kepada seluruh karyawan dan tersedia bagi masyarakat, dan mencakup komitmen terhadap perbaikan berkelanjutan, pencegahan pencemaran, dan patuh pada peraturan serta menjadi kerangka kerja bagi penetapan tujuan dan sasaran.

2. Perencanaan

Mencakup indentifikasi aspek lingkungan dari kegiatan organisasi, identifikasi dan akses terhadap persyaratan peraturan, adanya tujuan dan sasaran yang terdokumentasi dan konsisten dengan kebijakan, dan adanya program untuk mencapai tujuan dan sasaran yang direncanakan (termasuk siapa yang bertanggung jawab dan kerangka waktu)

3. Implementasi dan Operasi

Mencakup definisi, dokumentasi, dan komunikasi peran dan tanggung jawab, pelatihan yang memadai, terjaminnya komunikasi internal dan eksternal, dokumentasi tertulis sistem manajemen lingkungan dan prosedur pengendalian dokumen yang baik, prosedur pengendalian operasi yang terdokumentasi, dan prosedur tindakan darurat yang terdokumentasi.



4. Pemeriksaan dan Tindakan Perbaikan

Mencakup prosedur yang secara teratur memantau dan mengukur karakteristik kunci dari kegiatan dan operasi, prosedur untuk menangani situasi ketidaksesuaian, prosedur pemeliharaan catatan spesifik dan prosedur audit kinerja sistem manajemen lingkungan

5. Tinjauan Ulang Manajemen

Mengkaji secara periodik sistem manajemen lingkungan keseluruhan untuk memastikan kesesuaian, kecukupan, efektifitas sistem manajemen lingkungan terhadap perubahan yang terjadi.

## 2.7 *Life Cycle Assessment (LCA)*

Definisi *Life Cycle Assessment (LCA)* secara umum diartikan suatu metode untuk mengukur dampak lingkungan yang diakibatkan produk atau aktifitas sepanjang daur hidup mulai dari pengambilan bahan baku dari “*virgin material*”, diikuti proses produksi dan penggunaan, dan berakhir pada pengelolaan sampah atau limbah (Graedel, 1998). LCA adalah teknik untuk mengukur aspek lingkungan dan dampak potensial yang berhubungan dengan produk, dengan menggabungkan input dan output yang terkait dengan *inventory* dari system produk, mengevaluasi dampak lingkungan potensial yang terkait dengan input dan output dan menginterpretasikan hasil dari analisa inventori dan fase pengukuran dampak yang berhubungan dengan sasaran dari penelitian (ISO14040,1997). Tujuan LCA adalah membandingkan keseluruhan efek lingkungan yang dapat diterapkan untuk produk dan layanan untuk memperbaiki proses desain, mendukung penentuan kebijakan dan memberikan dasar yang kuat untuk keputusan yang tepat.

Coca Cola melakukan salah satu studi lingkungan pertama yang terkenal di tahun 1969 Studi ini bertujuan untuk membandingkan berbagai wadah minuman, yang akhirnya didaur ulang untuk mengurangi dampak lingkungan dari kontainer aluminium. Pada akhir 1980an, penilaian siklus hidup dikembangkan sebagai alat. Hal ini dilakukan untuk lebih memahami risiko, peluang dan trade-off dari sistem

produk. Hal ini juga digunakan untuk memahami sifat dari dampak lingkungan dari sistem produk (PE International, 2015 dalam Kallstrom, 2015).

Standar ISO pertama (ISO 14040) untuk LCA dipresentasikan pada tahun 1997 dari International Organization of Standar (ISO) (PE Internasional, 2015). Bagi LCA ada serangkaian standar internasional, ISO 14040-14043. Setelah meninjau dan mengembangkan standar tambahan, akhirnya 2006, ISO 14044 Life cycle assessment – Requirements and guidelines dirilis dan dipatuhi (Swedia Standard Institute, 2006).

Terdapat tiga model LCA yaitu model LCA berbasis proses, model LCA berbasis Economical Input-Output (ECOIO), dan model LCA hibrida, banyak digunakan di antara banyak disiplin dan perusahaan. Secara umum, LCA berbasis proses menggunakan ketepatan data yang tinggi pada tingkat proyek dimana mengalami batas sistem yang tidak lengkap; Model LCA berbasis ECO-IO, sebaliknya, memiliki batas sistem yang lengkap sementara data kurang presisi; LCA hibrida menggabungkan kelebihan dari dua model LCA sebelumnya namun menuntut keterampilan matematika yang lebih canggih (Yu, 2013).

Secara rinci, aspek lingkungan dan dampak potensial yang terkait dengan produk, proses atau layanan dapat dinilai dengan teknik LCA dengan menerapkan unsur-unsur berikut (EPA,2011):

- a. Akumulasi *inventory* input material dan energi yang relevan dan pelepasan lingkungan.
- b. Evaluasi kemungkinan dampak lingkungan yang terkait dengan input dan pelepasan yang teridentifikasi.
- c. Interpretasi hasil yang dapat memandu pengambilan keputusan untuk membuat keputusan yang lebih luas.

Beberapa praktisi memilah model LCA ke modul yang berbeda. Misalnya, Roudebush (1996) mengevaluasi dampak lingkungan dari sistem jalan aspal beton dan aspal dengan membagi model LCA menjadi sepuluh modul, termasuk: formasi sumber daya alam, sumber daya alam eksplorasi dan ekstraksi, produksi bahan, desain, produksi komponen, konstruksi, penggunaan, pembongkaran, daur ulang sumber daya alam, dan pembuangan. Santero (2009) membagi model LCA menjadi lima modul individual, termasuk materi, konstruksi, penggunaan,

pemeliharaan, dan akhir masa kehidupan (EOL). Zhang (2010a) lebih memilih untuk melihat model LCA sebagai enam kali lipat, termasuk material, konstruksi, distribusi, *congestion*, pemakaian, dan modul EOL. Meskipun klasifikasi tidak seragam, konstitusi model LCA tetap serupa. Model LCA yang lengkap harus terdiri dari modul material, konstruksi, modul perawatan, *congestion module*, modul pemakaian, dan modul EOL. Namun, kebanyakan model LCA tidak lengkap, dengan fokus terutama pada material dan modul konstruksi sambil mengabaikan yang lain, terutama modul pemakaian (Yu, 2013). LCA dapat diklasifikasikan menjadi 3 urutan yang berbeda :

1. *First order*: LCA yang mempertimbangkan produksi material dan transportasinya.
2. *Second order*: LCA yang mempertimbangkan semua proses pada *life cycle*, tetapi tidak termasuk modal.
3. *Third order*: LCA yang menginvestigasi semua proses termasuk modal.

### **2.7.1 Tahapan dalam Life Cycle Assessment (LCA)**

Tahapan dalam LCA yaitu *goal and scope definition*, *life cycle inventory*, *life cycle impact assessment*, dan *interpretation step*. Output dari LCA adalah proses atau aktivitas yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. (Curran, 1996). Fase LCA sesuai dengan ISO 14040 dimana ditunjukkan oleh Gambar 2.6 adalah sebagai berikut.

#### **1. Goal and Scope**

Bertujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang dievaluasi, batasan, dan asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem yang dievaluasi. Menurut Hermawan (2013) ruang lingkup dari LCA adalah sebagai berikut.

##### **a. Cradle to grave**

*Cradle to grave* merupakan penilaian siklus hidup secara keseluruhan mulai dari pengambilan *raw material* dari bumi untuk membuat produk dan berakhir pada titik dimana seluruh material kembali ke bumi. *Cradle to grave* mencakup keseluruhan dari daur hidup produk, yaitu: proses,

pengekstrakan, pemrosesan bahan mentah, pemanufakturan, transportasi dan distribusi, penggunaan atau penggunaan ulang, pemeliharaan, daur ulang, dan pembuangan akhir.

b. *Cradle to cradle*

*Cradle to cradle* merupakan bagian dari analisa daur hidup yang menunjukkan ruang lingkup dari *raw material* sampai pada daur ulang material. *Cradle to cradle* merupakan pendekatan yang lebih spesifik dari *cradle to grave*, dimana tahap pembuangan akhir dalam *cradle to grave* merupakan daur ulang dalam *cradle to cradle*.

c. *Cradle to gate*

*Cradle to gate* merupakan penilaian dari sebagian siklus hidup produk mulai dari ekstraksi sumber daya sampai produk didistribusikan ke konsumen. Pada ruang lingkup ini, fase kegunaan (*use*) dan pembuangan (*disposal*) dari produk dihilangkan.

d. *Gate to gate*

*Gate to gate* merupakan ruang lingkup yang terpendek karena hanya menilai pada proses yang memiliki nilai tambah dalam aliran produksi.

2. LCI (*Life Cycle Inventory*)

Merupakan ekstraksi *inventory* dan emisi, mencakup pengumpulan data dan perhitungan input dan output ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. Fase ini menginventarisasi penggunaan sumber daya, penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang dievaluasi.

3. LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*)

Merupakan penanganan dari dampak terhadap lingkungan, semua dampak penggunaan dari sumber daya dan emisi yang dihasilkan dikelompokkan dan dikuantifikasi ke dalam jumlah kategori dampak tertentu yang kemudian diberi bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya.. Tahap-tahap dalam LCA adalah sebagai berikut.

a. *Characterization*

b. *Normalization*

c. *Weighting*

d. *Single Score*

Dalam *life cycle impact assessment* terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dimana setiap metode memiliki kriteria yang berbeda. Penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode Eco Indicator 99. Pengembangan metodologi Eco-indikator 99 dimulai dengan desain prosedur pembobotan. Metode ini memiliki 11 kategori yang digunakan untuk menilai dampak lingkungan (*SimaPro Database Manual Methods*) yaitu:

a. *Carcinogens*

Karsinogenik mempengaruhi karena emisi zat karsinogenik ke udara, air dan tanah. Kerusakan dinyatakan dalam *Disability Adjusted Life Years* (DALY)/emisi kg.

b. *Respiratory organics*

Efek pernapasan yang dihasilkan dari kabut asap musim panas, karena emisi zat organik ke udara, menyebabkan efek pernapasan. Kerusakan dinyatakan dalam *Disability Adjusted Life Years* (DALY) / emisi kg.

c. *Respiratory inorganics*

Efek pernapasan yang dihasilkan dari kabut asap musim dingin yang disebabkan oleh emisi debu, sulfur dan nitrogen oksida ke udara. Kerusakan dinyatakan dalam *Disability Adjusted Life Years* (DALY) / emisi kg.

d. *Climate change*

Kerusakan dimana dinyatakan dalam emisi DALY/kg, yang dihasilkan dari peningkatan penyakit dan kematian yang disebabkan oleh perubahan iklim.

e. *Radiation*

Kerusakan dimana dinyatakan dalam emisi DALY / kg, dihasilkan dari radiasi radioaktif

f. *Ozone layer*

Kerusakan dimana dinyatakan dalam emisi DALY/kg, karena meningkatnya radiasi UV sebagai akibat dari emisi zat perusak lapisan ozon ke udara.

g. *Ecotoxicity*

Kerusakan kualitas ekosistem, sebagai akibat dari emisi zat-zat ekotoksik ke udara, air dan tanah. Kerusakan dinyatakan dalam *Potentially Affected Fraction* (PAF) \* m<sup>2</sup> \* tahun / emisi kg.

h. *Acidification/ Eutrophication*

Kerusakan kualitas ekosistem, sebagai akibat dari emisi zat pengasaman ke udara. Kerusakan dinyatakan dalam *Potentially Disappeared Fraction* (PDF) \* m<sup>2</sup> \* tahun / emisi kg.

i. *Land use*

Kerusakan sebagai akibat dari konversi lahan atau pendudukan tanah. Kerusakan dinyatakan dalam *Potentially Disappeared Fraction* (PDF) \* m<sup>2</sup> \* tahun / m<sup>2</sup> atau m<sup>2</sup>a.

j. *Mineral*

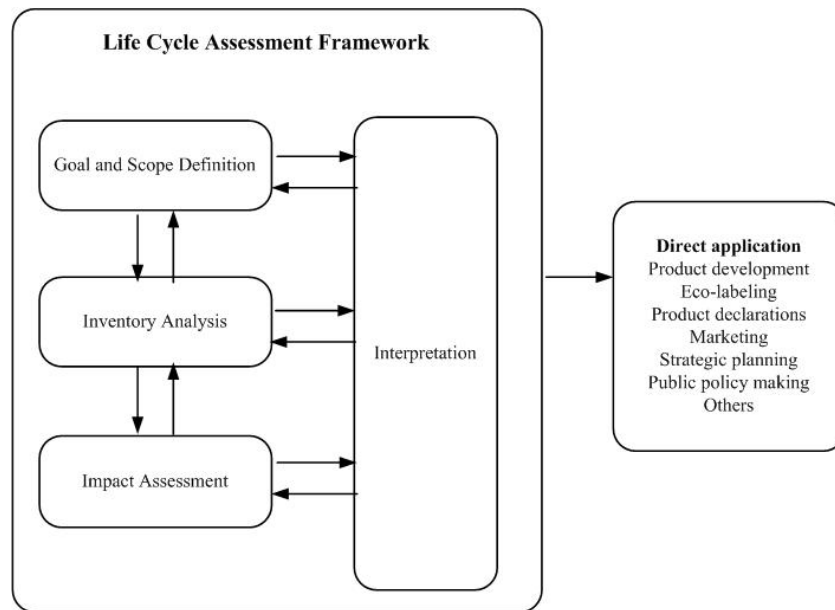
Kelebihan energi per kg mineral atau bijih, sebagai hasil dari penurunan kadar bijih.

k. *Fossil fuels*

Kelebihan energi per ekstraksi MJ, kg atau m<sup>3</sup> bahan bakar fosil, sebagai hasil dari sumber daya berkualitas rendah.

4. *Interpretation*

Merupakan integrasi dari hasil *life-cycle inventory* dan *life-cycle impact assessment* yang kemudian digunakan untuk mengkaji, menarik kesimpulan dan rekomendasi yang konsisten dengan tujuan dan lingkup yang telah diformulasikan.



**Gambar 2.6** Tahapan LCA berdasar ISO 14040 (1997)

### 2.7.2 Stage Amatan pada *Life Cycle Assessment*

Menurut EPA (1993) dalam Curran (1996), tahapan amatan dari *Life Cycle Assessment* adalah sebagai berikut :

#### 1. Geografis

Tempat pelaksanaan aktivitas manufaktur berpengaruh besar terhadap dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan. Efek dari aktivitas-aktivitas itu pun dapat berpengaruh secara lokal, regional maupun global. Proses produksi yang dilakukan di tempat yang berbeda akan menghasilkan tingkat emisi udara yang berbeda pula. Dan emisi ini pun mempunyai pengaruh yang berbeda pula tergantung pada populasi, kondisi meteorologis, habitat dan faktor-faktor lain.

#### 2. Ekstraksi *raw material*

Siklus hidup produk dimulai dengan perpindahan raw material dan sumber energi dari bumi. Sebagai contoh, memotong pohon dan pertambangan material yang tidak dapat diperbarui termasuk ke dalam ekstraksi raw material. Transportasi material-material ini mulai dari pengambilan ke proses pengolahannya termasuk ke dalam stage ini.

### 3. *Material processing and manufacture*

Tahap ini adalah tahap utama dalam analisa siklus hidup. Pada tahap ini, bahan mentah diolah menjadi produk jadi maupun produk setengah jadi. Banyak proses yang terlibat dalam produksi, bahkan untuk produk yang sederhana sekalipun.

### 4. *Use/reuse*

Tahap ini melibatkan penggunaan, *reuse*, dan *maintenance* aktual konsumen atas produk. Setelah didistribusikan pada konsumen, seluruh aktivitas berhubungan dengan waktu guna produk turut diperhitungkan. Termasuk didalamnya kebutuhan energi dan buangan environmental dari penyimpanan produk dan konsumsi. Produk atau material mungkin memerlukan *recondition*, perbaikan atau servis sehingga dapat mempertahankan performansinya (EPA, 1993). Saat konsumen tidak memerlukan produk, produk ini akan di *recycle* atau dibuang.

### 5. *Recycle*

Tahap ini turut memperhitungkan kebutuhan energi dan buangan ke lingkungan sehubungan atas disposisi produk dan material (EPA, 1993).

## 2.7.3 Manfaat *Life Cycle Assessment* (LCA)

EPA dan SAIC mencantumkan manfaat yang dapat diperoleh organisasi dengan menerapkan LCA sebagai berikut:

- a. Evaluasi sistematis terhadap konsekuensi lingkungan yang terkait dengan produk tertentu
- b. Analisis *trade-off* lingkungan yang terkait dengan satu atau beberapa produk/proses spesifik untuk membantu mendapatkan pemangku kepentingan (negara bagian, masyarakat, dll) untuk tindakan yang direncanakan.
- c. Kuantifikasi pelepasan lingkungan ke udara, air, dan tanah sehubungan dengan setiap tahap siklus hidup dan / atau proses penyumbang utama.
- d. Bantuan dalam mengidentifikasi perubahan signifikan dalam dampak lingkungan antara tahap siklus hidup dan media lingkungan.



- e. Penilaian dampak manusia dan ekologis dari konsumsi material dan pelepasan lingkungan kepada masyarakat, wilayah, dan dunia setempat.
- f. Perbandingan dampak kesehatan dan ekologi antara dua atau lebih produk/proses saingan atau identifikasi dampak dari suatu produk atau proses tertentu.
- g. Identifikasi dampak terhadap satu atau beberapa area lingkungan khusus yang menjadi perhatian.

#### **2.7.4 Batasan dalam *Life Cycle Assessment* (LCA)**

Menurut *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA), menerapkan LCA bisa menjadi sumber daya dan waktu yang intensif. Bergantung pada seberapa menyeluruh LCA yang ingin diterapkan oleh pengguna, pengumpulan data dapat menjadi masalah, dan ketersediaan data dapat sangat mempengaruhi keakuratan hasil akhir. Oleh karena itu, penting untuk mengukur ketersediaan data, waktu yang diperlukan untuk melakukan penelitian, dan sumber daya keuangan yang diperlukan terhadap manfaat yang diproyeksikan dari LCA. LCA tidak akan menentukan produk atau proses mana yang paling hemat biaya atau bekerja dengan baik. Oleh karena itu, informasi yang dikembangkan dalam studi LCA harus digunakan sebagai salah satu komponen dalam proses pengambilan keputusan yang lebih komprehensif yang menilai *trade-off* dengan biaya dan kinerja, misalnya *Life Cycle Management*.

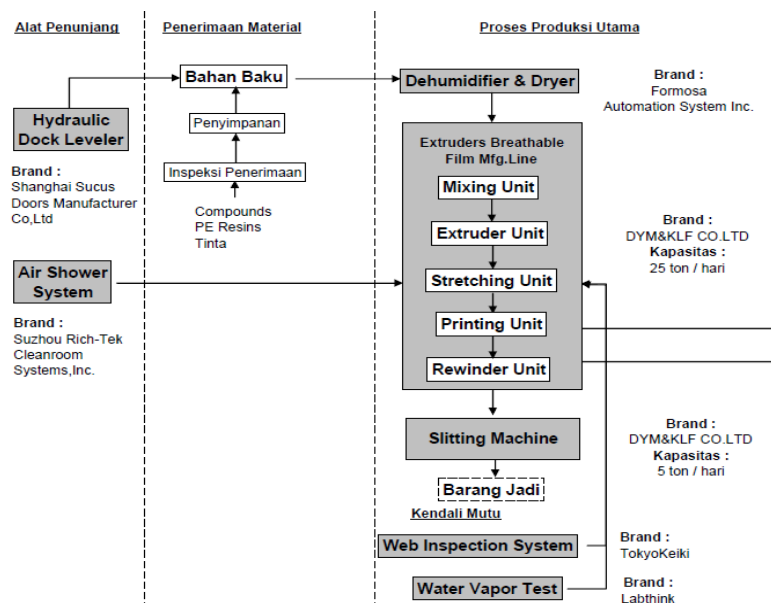
#### **2.7.5 Software SimaPro**

Ada banyak alat untuk mengukur dampak lingkungan didalam *Life Cycle Assesment* seperti SimaPro, Umberto, GaBi, TEAM, POLCAGE dan GEMIS. Metodologi ISO 14040 menjadi dasar dari software, kecuali POLCAGE dan GEMIS yang didasarkan pada database umum (Pieragostini et al, 2012). Berdasar Goedkoop dan Oele (2008) Software SimaPro paling banyak digunakan untuk LCA karena memiliki database internasional LCI yang luas dengan banyak metode untuk LCIA seperti EDIP 1997 dan 2003, CML 2001, Eco indicator 99, IPCC 2007 dan lainnya. Semua *database* harmonis berdasarkan dengan

nomenklatur, struktur dan sangat cocok pada SimaPro dengan semua metode LCIA.

## 2.8 Deskripsi Sistem

Proses produksi *backsheet diapers* termasuk sistem produksi *batch* yang dimulai dari material yang berupa resin dengan komposisi tertentu masuk ke *dehumidifier* dan *dryer* lalu masuk ke mixing unit untuk mencampur semua material. Setelah itu masuk ke mesin Extruder, dilakukan proses *stretching* dan dihasilkan *breathable film plastic* dengan ukuran gsm dan WVTR sesuai dengan order *customer*. Hasil dari proses Extruder yang sudah lolos QC lalu masuk ke mesin *printing* untuk memulai proses *printing* sesuai dengan desain yang diinginkan konsumen. Film yang sudah *diprint* sesuai standar warna dan dicek oleh QC, dipotong di mesin Slitter. Setelah dipotong, produk yang lolos QC akan *diwrapping* dan dimasukkan pallet dan produk yang *dihold* oleh QC akan di proses kembali di mesin Imac. Setelah selesai direproses, maka QC akan memutuskan bahwa produk itu *pass/reject*. Jika produk *pass*, maka akan *diwrapping* dan dimasukkan pallet. Pallet yang sudah *diwrapping* dipindahkan ke gudang *finish good* dan siap dikirim ke *customer*. Proses produksi ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Proses Produksi (Data Perusahaan, 2017)

## 2.9 Hubungan antara *Value Stream Mapping* dan *Life Cycle Assessment*

Tabel 2.4 menunjukkan rangkuman dari Hartini et al (2016) mengenai penelitian-penelitian terdahulu mengenai *Value Stream Mapping* dan *Life Cycle Assessment* untuk mengukur kinerja perusahaan yang dilihat dari segi ekonomi, lingkungan, dan sosial.

**Tabel 2.4** Pengukuran VSM

Pilar	Penulis	Usulan	Tujuan	Metrik	Area
Lingkungan	Simons and Mason (2002)	<i>Sustainable VSM (SVSM)</i>	Memaksimalkan rasio <i>value adding time</i> dan meminimalkan emisi CO <sub>2</sub> pada jaringan rantai Pasoknya	Nilai tambah dan emisi CO <sub>2</sub>	Distribusi
	US EPA (2007 a,b)	<i>EPA lean and environmental toolkit</i>	Mengembangkan <i>toolkit</i> untuk mengevaluasi <i>lean</i> dan kinerja lingkungan	Nilai tambah, limbah berbahaya, konsumsi air dan Material	Manufaktur
	Torres and Gati (2009)	<i>Environmental VSM (EVSM)</i>	Mengembangkan VSM dengan melibatkan metrik lingkungan (air)	Konsumsi material dan air, jumlah dan biaya Pengolahan Limbah	Manufaktur
	Fearne and Norton (2009)	<i>Sustainable value chain map (SVCM)</i>	Mengembangkan SVSM simons dan mason dengan meningkatkan kinerja efisiensi operasional dan Lingkungan	Waktu, emisi CO <sub>2</sub> , konsumsi air, jumlah limbah makanan, limbah <i>packing, packing</i> ramah lingkungan	Distribusi
	Kuriger and Chen (2010)	<i>Energi and environmental VSM (EEVSM)</i>	Mengembangkan VSM untuk mengukur efisiensi, konsumsi energi dan dampak lingkungan	Konsumsi waktu, energi, material, jumlah limbah	Manufaktur
	Eh and Wharton	<i>Stream Map for an IT service</i>	Pendekatan sistematis untuk “greening” departemen IT	Air, material, jumlah limbah, emisi, biodiversitas	IT
	Li et al (2012)	<i>VSM and Carbon emission stream</i>	Membantu pengambilan keputusan untuk mendapatkan keuntungan finansial dan mengurangi dampak lingkungan dengan emisi <i>carbon</i> dalam VSM	Konsumsi waktu, energi, air, efisiensi karbon Produk	Manufaktur
	E,J Lourenco	<i>Multi layer stream</i>	VSM untuk mengukur dan meningkatkan efisiensi	Efisiensi waktu, energi, dan biaya	Manufaktur

Pilar	Penulis	Usulan	Tujuan	Metrik	Area
	etal (2013)	<i>mapping</i> (MSM)	energi, kinerja lingkungan, dan finansial		
	C. Keskin et al (2013)	<i>Energi value stream maps</i> (E-VSMs)	VSM untuk meningkatkan efisiensi energi	Konsumsi waktu dan energi	Manufaktur
	E. muller et al (2013)	<i>Energi VSM</i>	VSM untuk meningkatkan efisiensi energi	Konsumsi waktu dan energi	Manufaktur
	Marimin et al (2014)	<i>Green value stream</i>	Memetakan, mengevaluasi, dan meningkatkan <i>green productivity index</i> (GPI) yang meliputi aspek lingkungan dan pertimbangan ekonomi	Energi, air, material, sampah, transportasi, emisi, dan biodiversitas	Manufaktur
	Follinas et al (2015)	<i>Greening the agrifood supply chain with lean thinking practices</i>	Pendekatan sistematis untuk mengukur kinerja lingkungan pada rantai pasok sector pertanian dengan VSM	Konsumsi waktu, air, energi	Manufaktur
	Follinas et al (2015)	<i>VSM to greening the canned peach production</i>	Pendekatan sistematis untuk mengukur kinerja lingkungan pada rantai pasok sektor pertanian dengan VSM	Konsumsi energi	Manufaktur
Lingkungan dan sosial	Sparks (2014)	<i>SC Sus-VSM combining sus VSM and simulation to SCM</i>	Mengkombinasikan sus-VSM dengan simulasi untuk mengukur kinerja <i>supply chain</i>	Konsumsi waktu, material, air, dan energi. Rasio produk cacat, rasio TK lokal, rasio diversitas, material berbahaya, training TK	<i>Multiplant Manufacturing and transportation</i>
	Faulkener and Badurdeen (2014)	<i>Sustainable VSM (Sus-VSM)</i>	Mengembangkan <i>sustainable VSM</i> untuk mengevaluasi kinerja <i>sustainability</i> meliputi indikator ekonomi, lingkungan, dan sosial	Konsumsi air, material, energi, beban bisik, lingkungan kerja	Manufaktur
	Brown et al (2014)	<i>Sustainable VSM (Sus-VSM)</i>	Menguji sus-VSM dengan melakukan studi kasus pada berbagai jenis sistem manufaktur	Konsumsi air, material, energi, beban bisik, lingkungan kerja	Manufaktur

Pilar	Penulis	Usulan	Tujuan	Metrik	Area
Lingkungan, ekonomi, dan sosial	Vinodh (2016)	LCA <i>Integrated sustainable manufacturing mapping</i>	Framework yang mengintegrasikan VSM dengan LCA mencapai performansi keberlanjutan	Konsumsi waktu, material, energi, biaya, dampak lingkungan	Manufaktur
	Paju et al (2010)	<i>Sustainable manufacturing mapping</i> (SMM)-DES & LCA	SMM mengkombinasikan LCA, simulasi (DES), dan <i>value stream mapping</i> (VSM) menjadi model yang sederhana untuk mengukur indikator sustainabilitas	Konsumsi energi, material, emisi, biaya, jumlah jam kerja, tingkat absensi, jumlah, reklamasi	Manufaktur

Sumber: Hartini, et al (2016)

## 2.10 Perbandingan Penelitian

Tabel 2.5 menunjukkan perbandingan penelitian terdahulu mengenai *Value Stream Mapping* dan *Life Cycle Assessment*.

**Tabel 2.5** Perbandingan Penelitian

No.	Peneliti (Tahun)	Judul	Metode	Objek Penelitian	Tujuan
1	Faulkner & Badurdeen(2014)	<i>Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance</i>	Sus-VSM	Satellite TV Dishes	Mengembangkan sus-VSM yang mempertimbangkan seluruh aspek <i>sustainability</i> pada proses produksi.
2	Hartini dan Ciptomulyono (2016)	<i>Introduction Life Cycle And Value Stream Mapping to Enhance Total Sustainability</i>	LC-VSM	Botol	Mengembangkan LC-VSM yang mempertimbangkan seluruh aspek sustainability pada seluruh tahap siklus hidup produk serta membangun index sustainability manufaktur.

3	Megayanti et al (2017)	<i>Life Cycle Value Stream Mapping (LC-VSM)</i> :Kajian Penyusunan Sistem Manajemen Penerapan LC-VSM	LC-VSM	Air Minum Dalam Kemasan	Mengaplikasikan LC-VSM pada beberapa manufactur di Indonesia, mengevaluasi applicability dalam menerapkan LC-VSM, dan menyusun sistem manajemen penerapan LC-VSM bagi perusahaan manufaktur di Indonesia.
4.	Penelitian ini (2018)	Penerapan <i>Lean Thinking</i> dan <i>Life Cycle Assessment</i> untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kinerja Dampak Lingkungan Pada Produk Backsheet Diapers	VSM dan LCA	<i>Backsheet Diapers</i>	Penerapan <i>lean thinking (Values Stream Mapping)</i> dan <i>Life Cycle Assessment</i> untuk mencapai target PT. XYZ yaitu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi <i>backsheet produksi</i>

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini akan menjelaskan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, tahapan-tahapan atau urutan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan penjelasan data-data yang digunakan agar proses penelitian dapat dilakukan dengan sistematis.

#### **3.1 Definisi Tujuan, Ruang Lingkup, dan Batasan Sistem**

##### **3.1.1 Definisi Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan identifikasi *waste* dengan menggunakan *lean thinking* dengan tujuan meningkatkan efisiensi proses produksi dan melakukan perbaikan kualitas lingkungan dengan cara melakukan perbaikan proses/penggantian material. Dalam penelitian ini terdapat pembatasan ruang lingkup yang digunakan sehingga penelitian tidak melebar pada pemilihan alternatif yang mana merupakan output dari *software* SimaPro.

Pada penelitian ini akan digunakan teknik penelitian yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Penelitian kualitatif dilakukan saat mendefinisikan mengenai *seven waste*, tujuan dan lingkup LCA, dan batasan sistem LCA. Penelitian kuantitatif dilakukan saat perhitungan aktivitas *value added* dan *non value added*, menginventrisasikan input (misalnya bahan baku dan energi) dan output (misalnya produk, produk samping, limbah, dan emisi), dan hasil dari penilaian dampak lingkungan yang merupakan output dari *software* SimaPro, dan rekomendasi perbaikan proses produksi dengan *future state Value Stream Mapping*.

##### **3.1.2 Definisi Ruang Lingkup**

Definisi ruang lingkup penelitian dari metode *lean thinking* dan *Life Cycle Assessment* mengidentifikasi unit fungsi dan ruang lingkup penelitian. Unit fungsi dari penelitian ini adalah proses produksi *backsheet diapers* yang efektif dan efisien serta menghasilkan dampak lingkungan yang minimum. Ruang lingkup

*lean thinking* dan *Life Cycle Assessment* adalah proses produksi *backsheet diapers* dimulai dari material masuk ke mesin sampai menghasilkan *finish good* dan *waste*.

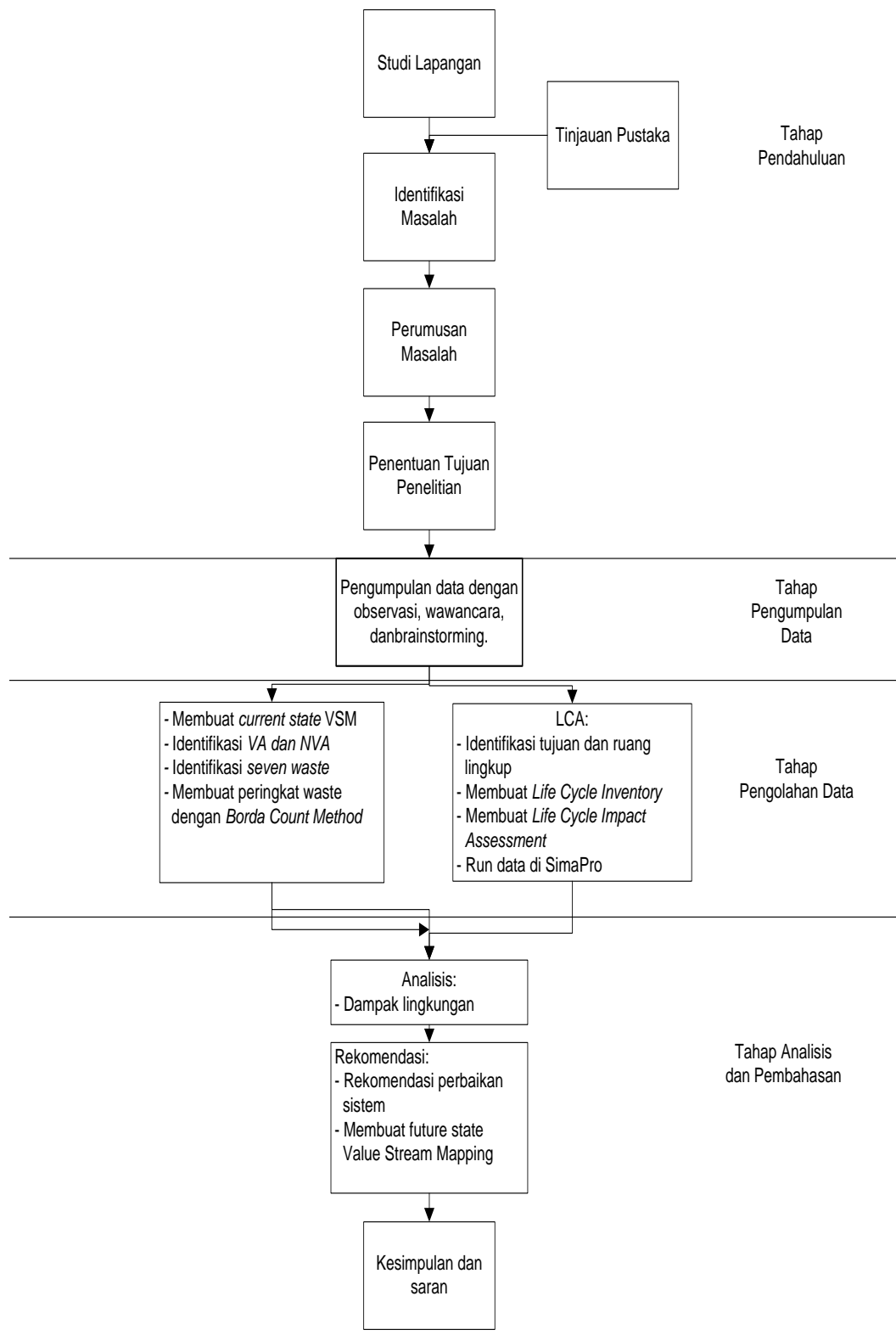
### **3.1.3 Batasan Sistem**

Dalam penelitian ini, ruang lingkup yang digunakan adalah *cradle-to-grave* yang melibatkan penilaian dampak lingkungan dari produk maupun proses dari bahan baku hingga limbah. (Georgakellos, 1999 dalam Kumar dan Reddy, 2012). LCA merupakan proses yang obyektif dalam mengevaluasi beban lingkungan yang berhubungan dengan produk, proses dan aktivitas dengan cara identifikasi dan kuantifikasi penggunaan energi dan bahan baku serta bahan yang dilepaskan ke lingkungan untuk menilai dampaknya serta mengevaluasi dan menjalankan peluang perbaikan lingkungan. (Duracan dkk, 2006 dalam Kumar dan Reddy, 2012). Dengan alasan ini, menggunakan LCA dengan ruang lingkup *cradle-to-grave* memungkinkan untuk menghasilkan hasil yang mewakili dan lebih akurat.

### **3.2 Langkah-Langkah Penelitian**

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan pembahasan, dan kesimpulan. Diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2.1 Tahap Pendahuluan

#### 1. Studi Lapangan

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah pengamatan awal di PT. XYZ. Dari hasil studi lapangan ini, peneliti dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada perusahaan PT. XYZ.

Pada penelitian ini menggunakan beberapa aspek yang terkait dengan *sustainability* yaitu aspek ekonomi dan lingkungan. Indikator pada aspek ekonomi adalah *lead time*, inventory, kualitas, dan biaya yang dikeluarkan. Indikator pada aspek lingkungan adalah konsumsi material, energi, air, tanah, dan emisi.

#### 2. Studi Pustaka

Studi pustaka digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti karena dapat memberikan gambaran yang jelas tentang permasalahan yang terjadi pada perusahaan tersebut.

Studi pustaka digunakan untuk mempelajari teori yang berkaitan dengan *lean thinking*, *seven waste*, *Value Stream Mapping*, dan *Life Cycle Assessment*. Sumber literatur berasal dari buku, jurnal, internet, dan studi terhadap penelitian terdahulu dalam penelitian ini.

#### 3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah yaitu mengidentifikasi secara detail permasalahan pada sistem yang akan diteliti. Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan untuk mencari penyebab timbulnya masalah dan kemudian mencari permasalahan yang terjadi.

#### 4. Perumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah, tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan di lapangan. Perumusan masalah merupakan rincian dari permasalahan yang dikaji yang nantinya akan menunjukkan tujuan dari penelitian ini dan hal ini dilakukan agar memudahkan dalam menentukan metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah yang telah teridentifikasi.

## 5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan-batasan dalam pengolahan data dan memudahkan dalam penyelesaian masalah.

### 3.2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Langkah-langkah pada tahap pengumpulan dan pengolahan data adalah sebagai berikut.

#### 1. Pengumpulan data

Pada tahap pengumpulan data, peneliti mengumpulkan data secara langsung dan tidak langsung.

- a. Data langsung merupakan data yang dikumpulkan secara langsung pada lapangan. Data yang dibutuhkan antara lain adalah gambaran umum perusahaan, aliran proses bisnis, aliran input dan output proses, waktu yang terkait proses produksi, jumlah konsumsi air, jumlah konsumsi material, konsumsi energi, dan data lainnya pada setiap tahapan siklus hidup produk. Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi empat metode, yaitu:

##### 1. Observasi

Observasi merupakan kegiatan pengamatan langsung yang dilakukan dengan mengamati alur produksi, sistem kerja dan hal-hal lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Hal-hal yang dilakukan adalah pengukuran waktu produksi, konsumsi material, konsumsi air, konsumsi energi, dan limbah pada setiap tahapan siklus hidup produk.

##### 2. Wawancara

Wawancara merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan cara bertanya secara langsung kepada karyawan yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. seperti gambaran umum perusahaan, aliran proses bisnis, aliran input dan output proses produksi, serta berbagai informasi yang dibutuhkan lainnya

pada setiap tahapan siklus hidup produk. Wawancara dilakukan kepada operator, *shift leader*, dan *section head*.

### 3. *Brainstorming*

*Brainstorming* adalah diskusi atau kegiatan bertukar pikiran dengan karyawan/manajemen yang capable berkaitan dengan permasalahan yang diangkat. *Brainstorming* dilakukan dengan *section head* dan manager mengenai bagaimana mengeleminasi waste dan mengurangi dampak lingkungan.

### 4. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan metode pengumpulan data dengan cara mempelajari dokumen-dokumen perusahaan yang berisikan laporan-laporan seputar cacat produk, data keterlambatan bahan baku, dan lain-lain.

- b. Data tidak langsung adalah data yang dikumpulkan dengan menggunakan data sekunder atau data yang sudah dikumpulkan sebelumnya oleh pihak perusahaan. Data tidak langsung yang dikumpulkan adalah data biaya, jumlah inventori, dan data terkait kualitas seperti jumlah cacat produk untuk aspek ekonomi. Data dan pengelolaan limbah untuk aspek lingkungan.

## 2. Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan kemudian dilakukan pengolahan data dengan metode yang relevan dengan permasalahan yang dihadapi. Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut.

### a. Membuat *current state Value Stream Mapping*

*Current state* VSM dibuat dengan memasukkan data *lead time*, *cycle time*, konsumsi material dan energi, dll.

### b. Identifikasi *Value Added*, *Non Value Added*, dan *Necessary but Non Value Added*.

Berdasarkan hasil *current state* VSM, maka dapat diklasifikasikan aktivitas-aktivitas yang termasuk VA, NVA, dan NNVA kemudian akan dihitung persentasenya.

### c. Identifikasi *seven waste*

Melakukan identifikasi *seven waste* dalam proses produksi.

d. Membuat peringkat *waste*

Setelah dilakukan identifikasi *seven waste*, maka dilakukan pemilihan *waste* yang diprioritaskan dengan menggunakan *Borda Count Method*. Pembuatan kuisisioner untuk membuat peringkat *waste* disebarkan kepada bagian yang terkait dengan proses produksi.

e. Identifikasi *goal and scope Life Cycle Assessment*

Mengidentifikasi tujuan, ruang lingkup, dan batasan dari LCA sistem yang diteliti. Tujuan sistem adalah mengevaluasi dampak lingkungan pada proses produksi *backsheet diapers*. Ruang lingkup sistem ini adalah *cradle-to-grave* yang melibatkan penilaian dampak lingkungan dari produk maupun proses dari bahan baku hingga limbah.

f. Membuat *Life Cycle Inventory*

Mengukur masukan energi dan bahan baku dan *environmental releases* yang terkait dengan setiap fase siklus hidup. Bahan baku dari proses produksi *backsheet diapers* adalah *masterbatch*, LLDPE, LDPE, *addictive*, tinta, solvent, dan *papercore*. Energi dari proses produksi *backsheet diapers* adalah listrik PLN.

g. Membuat LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*)

Semua dampak penggunaan dari sumber daya dan emisi yang dihasilkan dikelompokkan dan dikuantifikasi ke dalam jumlah kategori dampak tertentu yang kemudian diberi bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya.

h. Pengolahan data di *software* SimaPro.

Pengolahan data berdasarkan integrasi dari hasil life-cycle inventory dan life-cycle impact assessment.

### 3.2.3 Tahap Analisis dan Pembahasan

Pada tahapan ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai hal-hal sebagai berikut.

a. Analisis dampak terbesar dari *Life Cycle Assessment*

Semua hasil pada setiap tahapan LCA dianalisis untuk mengetahui kategori dampak lingkungan dengan jumlah yang terbesar dan penyebabnya.

b. Rekomendasi

Rekomendasi mengenai alternatif perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi *backsheet diapers*. Mengevaluasi proses produksi untuk mengurangi masukan material dan energi atau dampak lingkungan pada setiap tahap siklus hidup produk. Rekomendasi dapat dilakukan dengan perbaikan proses produksi, mengganti komposisi material, dll.

c. Membuat *future state Value Stream Mapping*

*Future state Value Stream Mapping* didapatkan dari hasil identifikasi *waste* melalui *lean thinking* dan *Value Stream Mapping* dan hasil perhitungan dampak lingkungan dengan *Life Cycle Assessment*.

### 3.2.4 Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dari penelitian ini yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis data yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan.

## BAB IV

### PENERAPAN *LEAN THINKING* DAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT*

Bab ini akan menjelaskan profil perusahaan, struktur organisasi perusahaan, penggambaran *current state Value Stream Mapping*, pendefinisian *waste*, pengukuran *Life Cycle Assessment*, analisa hasil *Life Cycle Assessment*, dan alternatif perbaikan proses produksi *backsheet diapers*.

#### 4.1 Profil Perusahaan PT. XYZ

PT. XYZ didirikan pada tahun 2012 melalui *joint venture* antara perusahaan *trading* Jepang dan perusahaan domestik. Saham terbesar dipegang oleh perusahaan *trading* Jepang. Perusahaan tersebut bergerak di bidang *chemical product, hygienic products, resins products, electronics products, mineral products, industrial materials*. Pada bidang *hygienic product* meliputi SAP, *nonwoven fabric, breathable film, nonbreathable film, loop take, hook tape, diaper*, dll. *Hygiene product* dijual kepada perusahaan *diapers, sanitary good, medical products, OEM product*. Gambar 4.1 menunjukkan gambar tampak depan PT. XYZ.



**Gambar 4.1** PT. XYZ (Sumber: Data Perusahaan)

PT. XYZ berlokasi di Mojokerto Jawa Timur. PT. XYZ bergerak di bidang *breathable film manufacture* yaitu memproduksi lapisan terluar *diapers*. Luas tanah total adalah 28,850 m<sup>2</sup> dengan luas *first factory* adalah 2,880 m<sup>2</sup> dan luas *second factory* adalah 3,456. Jumlah karyawan dari PT. XYZ sekitar 400 orang

dan terdapat 5 orang ekspatriat yang menduduki jabatan manager dan direktur. Karyawan pada PT. XYZ dibagi menjadi karyawan *shift* dan *non shift*. Jam kerja untuk karyawan *shift* dibagi menjadi 3 shift yaitu sebagai berikut.

- a. Shift 1 : 07.00 – 15.00 WIB
- b. Shift 2 : 15.00 - 23.00 WIB
- c. Shift 3 : 23.00 – 07.00 WIB

Jam kerja untuk karyawan *non shift* adalah 08.00 – 17.00 WIB.

#### **4.1.1 Visi dan Misi PT. XYZ**

Visi dari PT. XYZ adalah sebagai berikut.

1. Menjadi perusahaan *breathable film* terbaik di Indonesia dan dunia.
2. Mempunyai kontribusi besar terhadap pembangunan negara.
3. Unggul dalam kompetisi lokal maupun global.

Misi yang ingin dicapai oleh PT. S&S Hygiene Solution adalah sebagai berikut.

1. Membangun bisnis *hygiene* produk.
2. Meningkatkan nilai perusahaan melalui kreativitas, inovasi, dan pengembangan kompetensi SDM.
3. Menjalankan usaha secara adil dengan memperhatikan asas manfaat bagi semua pihak yang terlibat (*stakeholders*) dan menerapkan prinsip – prinsip *good corporate*.

#### **4.1.2 Struktur Organisasi PT. XYZ**

Struktur organisasi dari PT. XYZ terlampir pada Lampiran 1. Pada struktur organisasi ditunjukkan bahwa PT. XYZ dipimpin oleh seorang Direktur yang membawahi *operation division* dan *administration division*. *Operation division* dibagi menjadi *commercial division*, *factory division*, dan *quality assurance and control division* dan masing-masing dipimpin oleh Manager. Struktur organisasi ditunjukkan oleh Lampiran 1.



#### 4.1.3 Produk PT. XYZ

Hasil produk dari PT. XYZ dikirim pasar dalam dan luar negeri. Contoh gambar produk ditunjukkan oleh Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Backsheet Diapers (Sumber: Data Perusahaan)

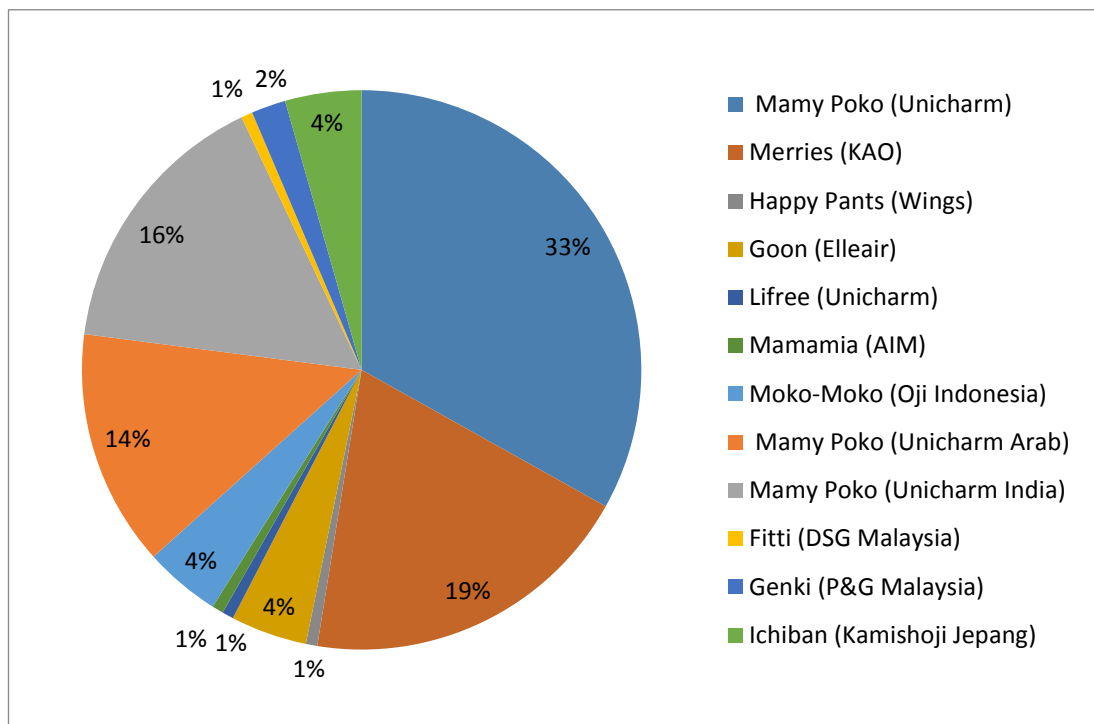
Tabel 4.1 menunjukkan detail produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ.

**Tabel 4.1** Detail Produk PT. XYZ

No.	Produk	Customer	Pasar	
			Dalam Negeri	Luar Negeri
1	Mamy Poko	Unicharm	√	
2	Merries	KAO	√	
3	Happy Pants	Wings	√	
4	Goon	Elleair	√	
5	Lifree	Unicharm	√	
6	Mamamia	AIM	√	
7	Moko-Moko	Oji Indonesia	√	
8	Mamy Poko	Unicharm Arab		√
9	Mamy Poko	Unicharm India		√
10	Fitti	DSG Malaysia		√
11	Genki Tape	P&G Malaysia		√
12	Genki Pants	P&G Malaysia		√
13	Ichiban	Kamishoji Jepang		√

(Sumber: Data Perusahaan)

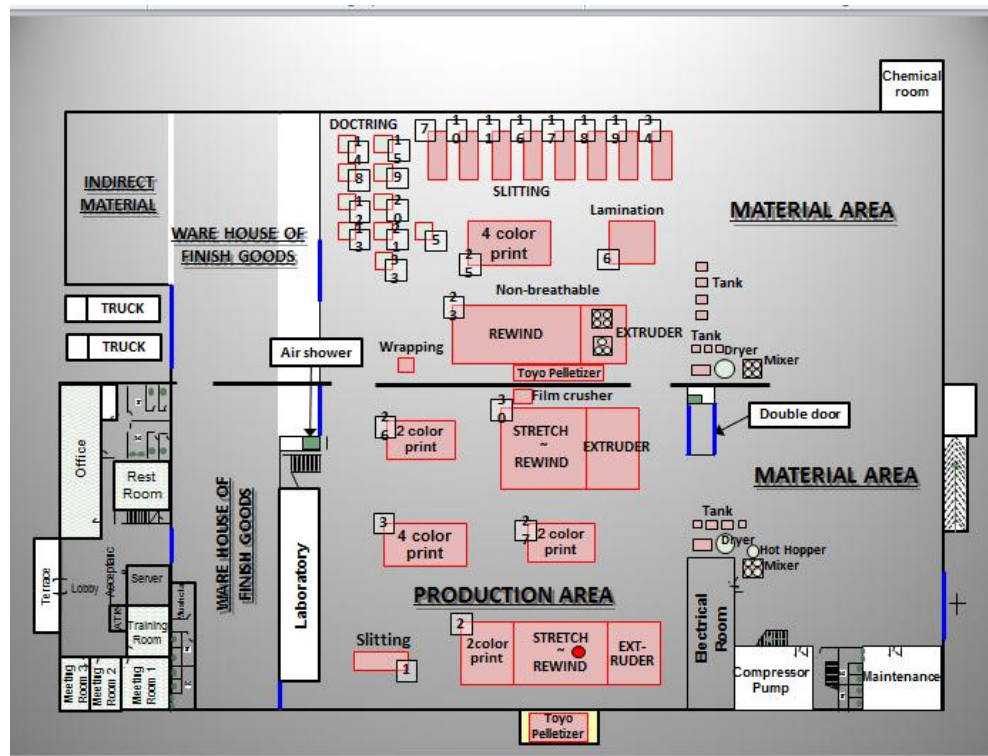
Komposisi order rata-rata konsumen tiap bulan ditunjukkan pada Gambar 4.3 dimana dapat disimpulkan bahwa Unicharm Indonesia dengan produk Mamy Poko mengambil 33% order dari PT. XYZ. Posisi kedua dan ketiga adalah KAO dengan produk Merries dan Unicharm India dengan produk Mamy Poko.



**Gambar 4.3** Komposisi Order (Sumber: Data Perusahaan)

#### 4.1.4 Layout

*Layout* PT. XYZ dibagi menjadi 2 bagian, yaitu *factory* 1 berisi 2 buah mesin *Extruder*, 3 buah mesin *Printing*, dan 1 mesin *Slitter*. Sedangkan *factory* 2 berisi 1 buah mesin *Printing*, 1 mesin *Laminasi*, 10 mesin *Rewinding*, dan 8 mesin *Slitter*. *Layout* PT. XYZ dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Layout PT.XYZ (Sumber: Data Perusahaan)

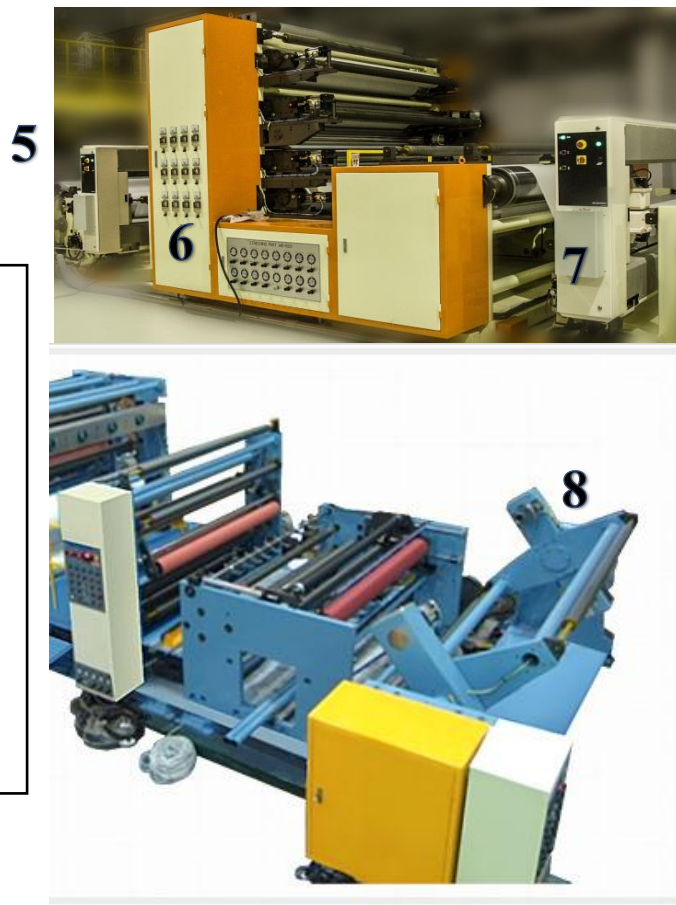
#### 4.1.5 Peralatan dan Mesin Proses Produksi

Peralatan dan mesin yang digunakan dalam proses produksi adalah sebagai berikut.

- T-Die Extruder Machine (Cloeren's Auto-T Die)



1. Hopper
2. Tabung Screw
3. Motor Penggerak
4. *GearBox*
5. *Dies*
6. *Stretching Part*
7. Scanner Ketebalan
8. *Rewinder Part*



**Gambar 4.5** Mesin Extruder (Sumber: Data Perusahaan)

Mesin extruder merupakan sebuah mesin yang dibuat khusus untuk mencetak berbagai macam bentuk kebutuhan manusia, secara global cara kerja dari mesin extruder ini hampir sama dengan mesin *injection molding*. hanya saja perbedaanya tipis sekali, kalau pada mesin *injection molding* dalam mencetak satu persatu dan cetakannya berpisah dengan tabung *screw*-nya, sedangkan pada mesin extruder dalam mencetak biasanya akan berkesinambungan dan hasilnya akan dipotong oleh pisau, pada mesin *extruder* cetakannya menempel pada tabung yang didalamnya berisi *screw*-nya. Gambar dan detail dari mesin extruder ditunjukkan pada Gambar 4.5. Komponen pada mesin extruder adalah sebagai berikut.

#### 1. *Hopper*

Hoper adalah sebuah komponen dari mesin extruder dimana fungsi dari hoper ini adalah untuk memasukkan biji plastik/bahan baku.

Biasanya hoper ini terbuat dari plat besi baja, *mild steel*, serta plat kapal tergantung selera dan keinginan konsumen.

2. *Tabung screw*

Tabung screw berfungsi untuk mendorong/menarik bahan baku plastik untuk dicetak dan melewati sebuah cetakan.

3. Motor penggerak

Motor penggerak ini berfungsi untuk memutar *screw* agar biji plastik bisa terdorong menuju ke arah cetakan

4. *Gear box*

Gear box berfungsi untuk mengubah putaran tinggi yang dihasilkan oleh motor listrik/mesin diesel menjadi putaran lambat namun lebih kuat.

5. Cetakan/*dies*

*Dies* berfungsi untuk mencetak bahan baku menjadi diinginkan, bisa berupa pipa paralon/berbagai macam kebutuhan manusia lainnya. Cetakan ini biasanya menyatu dengan tabung.

6. *Stretching Part*

Pada mesin extruder ini *Stretching part* digunakan untuk membuat pori-pori pada lembaran plastic sehingga plastik tersebut menjadi *Breathable Film*

7. Scanner Ketebalan

Pada mesin ini terdapat pemindai ketebalan sehingga ketebalan lembaran plastic ini sesuai standar yang diinginkan

8. Rewinder Part

Pada mesin ini bagian rewinder digunakan untuk menggulung lembaran film yang siap untuk diproses selanjutnya.

b. Mesin *Flexo Printing*

Mesin *flexo printing* adalah mesin printing dengan teknik cetak *rotary* yang menggunakan plate yang terbuat dari karet/*photopolymer*. Mesin *flexo printing* yang digunakan pada PT. XYZ terdiri dari mesin 2 *flexo printing* 4

warna dan mesin 2 *flexo printing* 2 warna. Dari segi susunan unit printing, ada 3 jenis mesin :

1. *In line press*

Masing-masing unit printing diletakkan secara terpisah dengan posisi memanjang secara horizontal. Mesin ini banyak digunakan untuk cetak label.

2. *Stack press*

Masing-masing unit printing diletakkan secara terpisah dengan posisi vertical. Mesin ini banyak untuk digunakan cetak *flexible packaging* atau *paper base material*.

3. CI/CIC

Masing-masing stasiun unit *printing* diletakkan mengitari drum *cylinder* impresi. Beda dengan in line dan stack yang *cylinder* impresinya sesuai dengan jumlah unit yang ada, kalau CI atau CIC, *cylinder* impresi cuma satu. Makanya posisi unit printingnya mengitari drum *cylinder* impresi tersebut. Mesin ini juga banyak digunakan untuk cetak *flexible packaging*.



**Gambar 4.6** Mesin *Printing* (Sumber: Data Perusahaan)

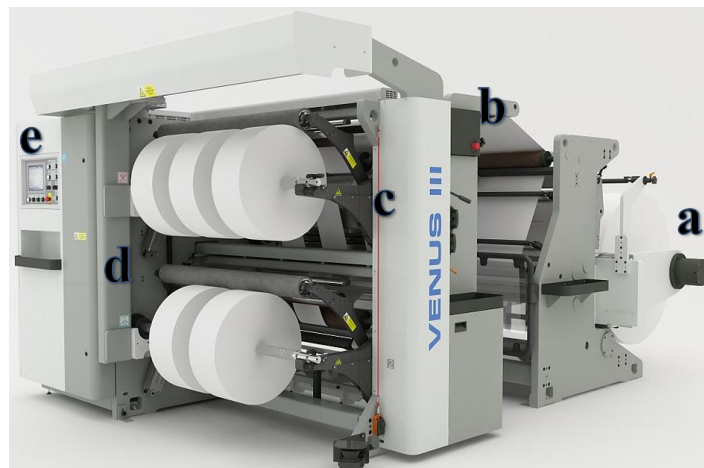
Gambar dan detail dari mesin printing ditunjukkan pada Gambar 4.6. Terdapat 5 komponen yang umumnya ada di mesin cetak flexo yaitu sebagai berikut.

1. Bak tinta yang berfungsi menampung tinta.
2. *Fountain* yang berfungsi mengambil tinta dari bak tinta.

3. *Roll anilox* yang berfungsi menampung transfer dari *fountain* dan ditransfer lagi ke *plate cylinder*. Inilah jantung dari sebuah proses cetak flexo. Tajam atau tidaknya hasil cetakan tergantung jenis *annilox* yang digunakan. Dengan trend penggunaan plate HD saat ini maka *annilox* yang digunakan semakin kecil atau halus dotnya. Bentuknya seperti *cylinder gravure*. Cellnya dibuat dengan bentuk, kedalaman dan sudut *cell* yang berbeda sehingga memberikan transfer ketebalan tinta yang berbeda pula.
4. *Cylinder plate* yang berfungsi untuk membentuk image printing. *Cylinder plate* yang banyak digunakan sekarang adalah yang type *photopolymer*.

c. Mesin *Slitter*

Mesin *slitter* adalah mesin yang digunakan pada proses pemotongan roll secara memanjang, dengan membuka gulungan coil utama/coil besar, lalu membelah roll dengan lebar tertentu dan juga memotong roll dengan sesuai dengan panjang yang diinginkan, pada akhir proses roll akan digulung kembali menjadi coil-coil kecil.



- |                    |
|--------------------|
| a. Decoiler        |
| b. Slitter Machine |
| c. Shear Machine   |
| d. Recoiler        |
| e. Panel           |

**Gambar 4.7** Mesin *Slitter* (Sumber: Data Perusahaan)

Gambar dan detail dari mesin *slitter* ditunjukkan pada Gambar 4.7. Komponen yang terdapat pada mesin *slitter* adalah sebagai berikut.

a. *Decoiler*

Berfungsi sebagai tempat roll setelah dicetak yang siap untuk di potong. Letaknya biasanya dibalik dari roll hasil slitt.

b. *Slitting Machine*

Berfungsi sebagai tempat proses pemotongan sehingga menjadi lembaran plastik yang sesuai standar untuk dikirim ke konsumen

c. *Shearing Machine*

Berfungsi sebagai pembagian jalur letak dari lembaran plastik sehingga roll digulung sesuai tempatnya

d. *Recoiler*

Berfungsi sebagai penggulung hasil lembaran plastik yang siap untuk dikirim. Terdapat *core* sebagai tempat untuk menggulung

e. Panel

Berfungsi sebagai control segala sesuatu pada mesin, seperti kecepatan, *tension*, layar penampil sensor garis

d. Mesin *Rewinder*

Mesin *rewinder* adalah mesin yang digunakan untuk menggulung ulang roll. Cara kerja mesin ini adalah *roll foil* ditempatkan pada *roller 2* (bukan penggerak utama). Kemudian ujung plastic ditarik dan diposisikan sesuai alur roll menuju *roller 1* (penggerak utama). Penggerak utama dijalankan oleh sebuah motor yang ditransmisikan melalui *belt* dan *pully* untuk menggulung ulang plastik. Gambar dan detail dari mesin *rewinder* ditunjukkan pada Gambar 4.8. Komponen yang terdapat pada mesin *rewinding* adalah sebagai berikut.

1. *Drive roll* dan *driven roll* yang berfungsi sebagaiudukan roll yang akan digulung
2. *Encoder elektrik* yang berfungsi sebagai penarik dan penyeimbang putaran roll.
3. *Sensor fiber optic* yang berfungsi sebagai pendeteksi berapa berapa panjang roll yang diberi tanda/kode dan secara langsung ditampilkan pada *counter display*.
4. Panel control yang berfungsi untuk menjalankan mesin *rewinding*.





1. Drive Roll
2. Encoder
3. Sensor
4. Panel

**Gambar 4.8** Mesin *Rewinder* (Sumber: Data Perusahaan)

Tabel dibawah ini merupakan ringkasan informasi mengenai mesin-mesin yang digunakan dalam produksi *backsheet diapers*.

**Tabel 4.2** Mesin dan Fungsinya

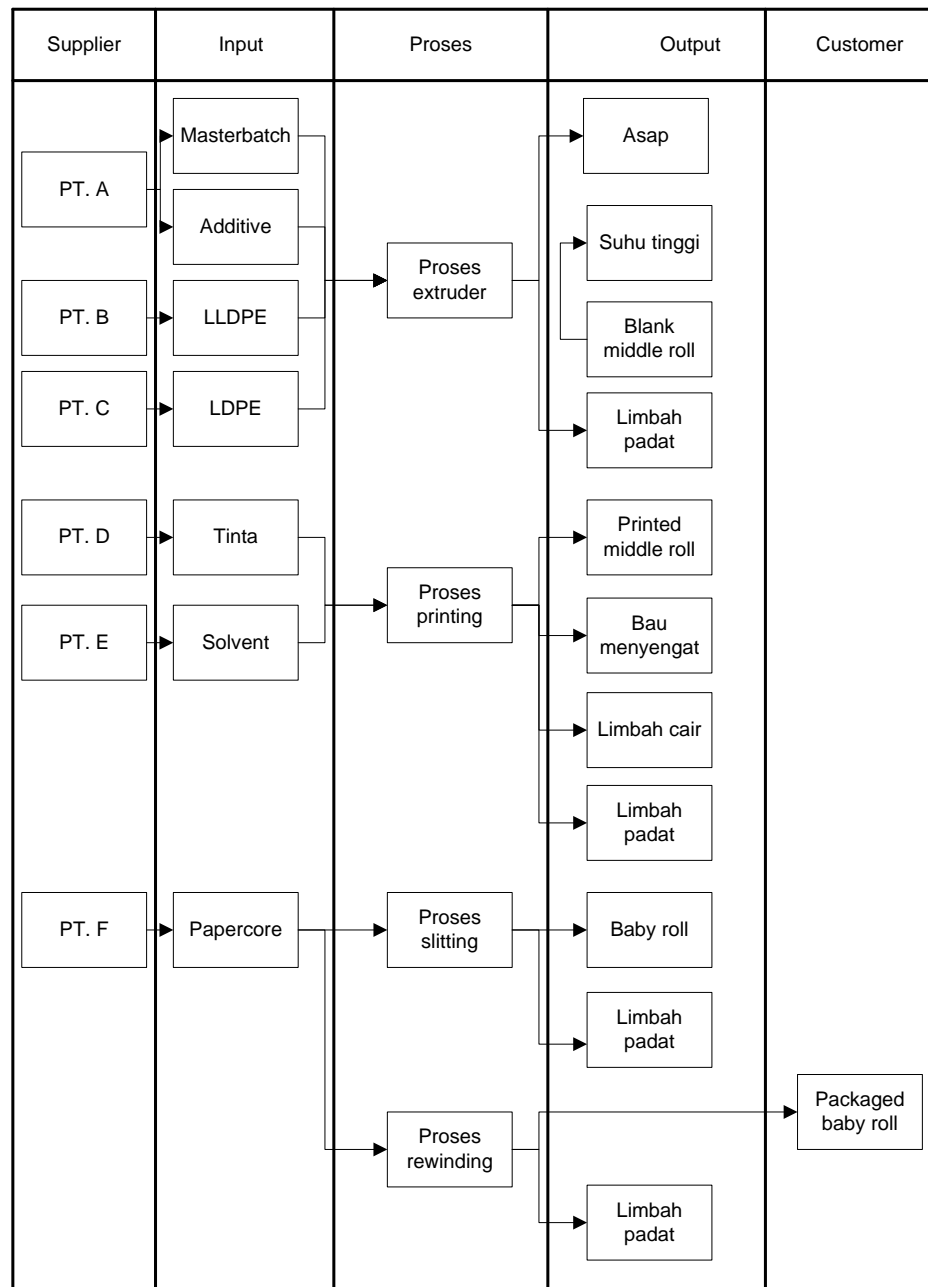
No.	Mesin	Fungsi	Input	Output
1	Extruder	Mengubah material menjadi lembaran film	Resin	<i>Blank middle roll</i>
2	Printing	Mencetak sesuai order konsumen	<i>Blank middle roll</i>	<i>Printed middle roll</i>
3	Slitter	Memotong roll	<i>Printed middle roll</i>	<i>Baby roll</i>
4	Rewinder	Menggulung roll	<i>Baby roll</i>	<i>Packaged baby roll</i>

(Sumber: Data Perusahaan)

## 4.2 Proses Bisnis

Proses bisnis PT. XYZ dimulai dari konsumen dari luar negeri yang memesan *backsheet diapers* melalui perusahaan induk di Jepang lalu dikumpulkan dan dikirim ke marketing PT. XYZ dan konsumen dari dalam negeri yang memesan *backsheet diapers* melalui marketing PT. XYZ. *Lead time* dari proses pemesanan sampai pengiriman adalah 1,5-2 bulan. Setelah marketing mengumpulkan order, marketing menerbitkan *Manufacture Order Sheet* dan jadwal pengiriman pesanan yang akan dikirimkan ke PPIC. Setelah semua jadwal pengiriman disetujui oleh PPIC, maka PPIC akan menerbitkan jadwal produksi yang akan dikirimkan ke produksi. Material-material yang dibutuhkan dipesan melalui *purchasing* oleh *material planner* (PPIC) dan material didatangkan sebelum produksi mulai bekerja. Material-material yang dibutuhkan akan diterima oleh divisi *material warehouse*. Departemen produksi akan bekerja sesuai dengan

jadwal produksi yang dibuat PPIC. Semua roll *backsheet diapers* akan dicek oleh Departemen QC dan semua roll dengan kualitas baik akan dikirim ke konsumen melalui *finish good warehouse*. Untuk memudahkan dalam memahami proses bisnis dari PT XYZ, maka dapat dilihat pada diagram SIPOC yang ada pada Gambar 4.9.



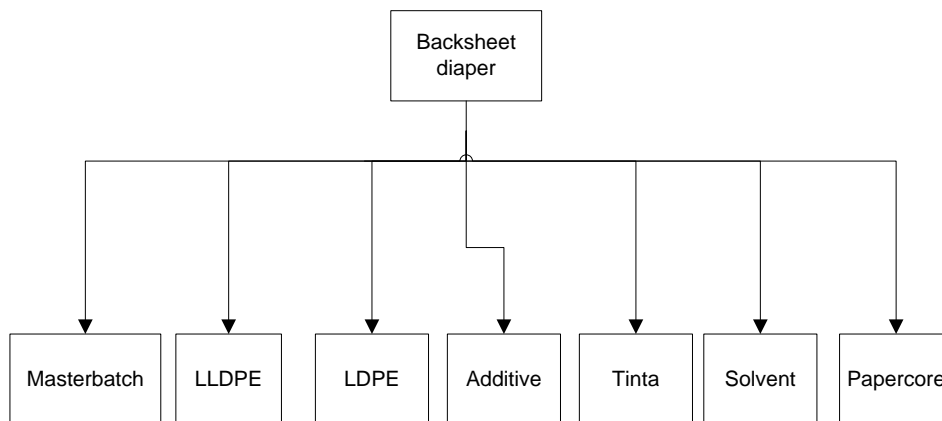
**Gambar 4.9** Diagram SIPOC

### 4.3 Perhitungan Data untuk *Current State Value Stream Mapping* pada PT. XYZ

Perhitungan data sebagai input untuk *current state Value Stream Mapping* dapat dibagi menjadi perhitungan aktivitas sebelum proses produksi dan perhitungan aktivitas proses produksi.

#### 4.3.1 Aktivitas Sebelum Proses Produksi

Pada tahap ini, aktivitas yang dilakukan adalah melakukan pemesanan material, pembelian dan pengiriman semua material yang digunakan PT. XYZ dari supplier. Jumlah pemesanan material mengikuti jumlah minimum order dari *supplier*. *Bill of Material Tree* dari *backsheet diapers* yang diproduksi oleh PT. XYZ ditunjukkan pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** *Bill of Material Tree*

Bahan baku yang digunakan oleh PT. XYZ adalah resin yang terdiri dari *masterbatch*, PE, LDPE, *additive*, tinta, dan *solvent*. *Masterbatch* dan *additive* berasal dari supplier A dan berada di Pasuruan. PE dan LDPE harus diimpor dari Singapura. Sedangkan bahan pendukung terdiri dari tinta, solvent, dan *papercore*.

a. *Lead time supplier*

Rata-rata *lead time supplier* pada proses pemesanan sampai penerimaan material utama dan pendukung PT. XYZ dapat ditunjukkan oleh Tabel 4.3 dan pengumpulan datanya terdapat Lampiran 2.

**Tabel 4.3** *Lead Time Supplier*

Material	Supplier	Lead Time (hari)
Masterbatch	PT. A	31
LLDPE	PT. B	61
LDPE	PT. C	59
Additive	PT. A	29
Tinta	PT. D	17
Solvent	PT. E	17
Papercore	PT. F	17

(Sumber: Data Perusahaan)

Berdasarkan Tabel 4.3, maka rata-rata *laed time supplier* adalah 17-31 hari. Pengiriman material semua dilakukan oleh *supplier* dan PT.XYZ tidak mengambil material di *supplier*. Terkadang *supplier* tidak menepati *lead time* karena material tidak siap/ada keterlambatan produksi, seperti *supplier* tinta dan *papercore*. *Supplier* resin seringkali mengirim dengan jumlah yang tidak sesuai dengan yang disepakati.

b. Waktu simpan material

Material yang datang di *raw material warehouse*, biasanya disimpan dahulu sebelum dipakai pada proses produksi. Tabel 4.4 menunjukkan waktu simpan material, rata-rata waktu simpan material adalah 13-28 hari, dan pengumpulan datanya terdapat Lampiran 3.

**Tabel 4.4** *Waktu Simpan Material*

Material	Supplier	Lot Size Pembelian (kg)	Waktu Simpan (hari)
Masterbatch	PT. A	300000	18
PE	PT. B	70000	28
LDPE	PT. C	70000	28
Additive	PT. A	2000	17
Tinta	PT. D	1000	13
Solvent	PT. E	1000	13
Papercore	PT. F	5000	18

(Sumber: Data Perusahaan)

c. Kualitas

Setelah material datang di *raw material warehouse*, tidak ada orang QC maupun *raw material warehouse* yang melakukan pengecekan semua material yang datang. Proses penyimpanan bahan baku diletakkan menjadi satu tempat, tinta dan solvent disimpan di gudang tersendiri, dan bahan pendukung produksi dan packing diletakkan menjadi satu tempat. Sehingga tidak terdapat produk cacat yang disebabkan oleh metode penyimpanan (kualitas 100%).

d. Konsumsi Material

Pada tahap ini tidak terdapat konsumsi material.

e. Konsumsi Energi

Pada tahap ini tidak terdapat konsumsi energi.

#### 4.3.2 Perhitungan Data Aktivitas pada Proses Produksi

Perhitungan data pada aktivitas proses produksi meliputi perhitungan data waktu normal dan standar pada produksi *backsheet diapers* dengan metode *stopwatch time study*, perhitungan tingkat persediaan, tingkat kualitas, konsumsi material dan konsumsi energi.

##### 4.3.2.1 Perhitungan Waktu Normal dan Waktu Standar

Perhitungan waktu normal dan waktu standar dengan *stopwatch time study* dilakukan dengan uji keseragaman data dan kecukupan data, penentuan *performace rating*, dan *allowance*. Contoh langkah-langkah perhitungan waktu normal dan waktu standar pada proses extruder adalah sebagai berikut.

a. Uji keseragaman data

Uji keseragaman data adalah pengujian yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diukur telah seragam dan berasal dari satu sistem yang sama. Uji keseragaman data dilakukan dengan menggunakan peta control. Berikut contoh langkah-langkah uji keseragaman data pada proses extruder.

1. Membagi data dalam sub grup

$$k = 1 + 3.3 \log N$$

$$k = 1 + 3.3 \log 36$$

$$k = 6.14 = 6$$

Contoh perhitungan proses extruder yang dibagi menjadi 6 subgroup berdasar hari pengamatan dengan 6 kali replikasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 dimana pengambilan data dilakukan pada tahun 2017.

**Tabel 4.5** Pengamatan *Stopwatch Time Study* Pada Proses Extruder

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
1	67	63	65	66	65	63
2	67	66	64	65	63	65
3	63	67	66	66	66	66
4	64	65	64	63	67	63
5	66	65	67	65	64	67
6	63	65	65	64	64	63
Jumlah	390	391	391	389	389	387
Rata-rata	65.00	65.17	65.17	64.83	64.83	64.50

Berdasarkan Tabel 4.5, maka waktu rata-rata satu siklus pada proses extruder adalah 64.92 menit.

2. Menghitung standar deviasi data

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = SD = 7.93$$

3. Menghitung standar deviasi rata-rata subgroup

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = 1.32$$

4. Menentukan batas control atas (BKA) dan bawah (BKB).

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma$$

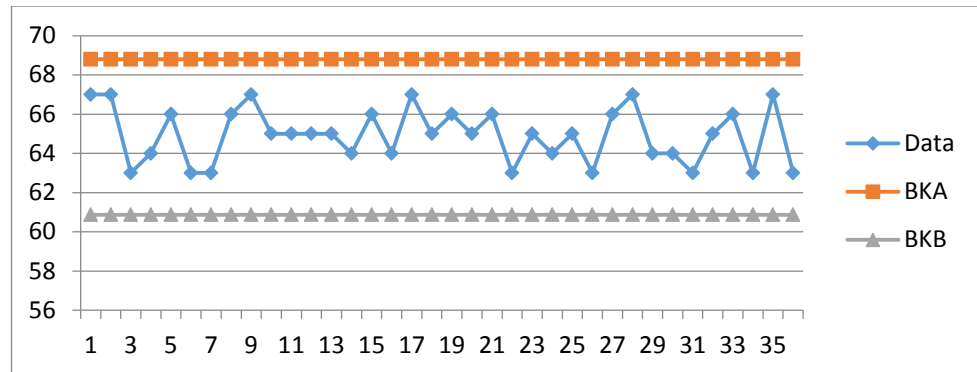
$$BKA = 64.81 + 3(1.32)$$

$$BKA = 68.80$$

$$BKB = x - 3\sigma$$

$$BKA = 64.81 - 3 (1.32)$$

$$BKA = 60.87$$



**Gambar 4.11** Peta Kontrol

Berdasarkan Gambar 4.11, dapat diketahui bahwa semua data waktu proses berada didalam batas-batas kendali sehingga dapat disimpulkan data pengamatan proses extruder adalah seragam. Pengambilan data waktu untuk seluruh proses yang menggunakan STS dapat dilihat pada lampiran 4.

b. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data adalah proses pengujian yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diambil untuk penelitian sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku. Berikut perhitungan uji kecukupan data pada proses extruder.

$$N' = \left( \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x} \right)$$

$$N' = 14.67 = 15 \text{ pengamatan}$$

Berdasarkan perhitungan, maka  $N' < 50$  dinyatakan data telah cukup. Uji kecukupan data aktivitas yang lain ditunjukkan pada Lampiran 4. Berdasarkan pengukuran uji keseragaman data dan uji kecukupan data pada setiap aktivitas, maka didapatkan hasil yang tertera pada Tabel 4.6 dan 4.7 dan menunjukkan semua data telah lolos uji keseragaman dan kecukupan data.

**Tabel 4.6** Hasil Uji Keseragaman

No.	Aktivitas	Rata-rata	BKA	BKB	Keterangan
1	Proses extruder	64.92	35.96	28.04	Seragam
2	Proses printing	62.08	66.85	54.89	Seragam
3	Proses slitting	85.97	89.55	81.12	Seragam
4	Proses reworking	64.56	67.2	61.14	Seragam

**Tabel 4.7** Hasil Uji Kecukupan Data

No.	Aktivitas	N	N'	Keterangan
1	Proses extruder	36	14.73	Cukup
2	Proses printing	36	14.63	Cukup
3	Proses slitting	36	14.62	Cukup
4	Proses reworking	36	14.61	Cukup

c. Perhitungan *performance rating*

Perhitungan *performance rating* dilakukan melalui *brainstorming* dengan *section head* dan *manager* produksi. Metode yang digunakan adalah *Westinghouse System's Rating*. Tabel 4.8 menunjukkan perhitungan *performance rating* pada proses extruder.

**Tabel 4.8** Perhitungan *Performance Rating*

Faktor	Class	Symbol	Rating
Skill	Good	C1	+0,06
Effort	Excellent	B1	+0,1
Condition	Fair	C	+0,02
Consistency	Excellent	C	+0,01
	Jumlah		+0,19
<i>Performance Rating</i>			1,19

Hasil dari *performance rating* untuk proses extruder adalah 1,19. Untuk perhitungan *performance rating* pada aktivitas lain ditunjukkan pada Lampiran 4.



d. Perhitungan *Allowance*

Perhitungan *allowance* dilakukan melalui *brainstorming* dengan *section head* dan *manager* dan menggunakan menggunakan tabel standar ILO. Berikut contoh perhitungan *allowance* pada proses extruder ditunjukkan oleh Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Perhitungan *Allowance*

<i>Constant Allowance</i>	<i>Personal Allowance</i>	5
	<i>Basic Fatigue Allowance</i>	4
<i>'Variable Allowance</i>	<i>Standing Allowance</i>	2
	<i>Abnormal position Allowance</i>	0
	<i>Muscular Energi</i>	4
	<i>Bad Light</i>	0
	<i>Atmospheric Conditions</i>	10
	<i>Near / Close Attention</i>	0
	<i>Noise Level</i>	0
	<i>Mental Strain</i>	1
	<i>Monotony</i>	1
	<i>Tediousness</i>	2
Jumlah		29

Dari hasil penentuan *allowance* pada proses extruder dengan berdasarkan pada kondisi yang ada ditentukan *allowance* sebesar 29%. Penentuan *allowance* pada proses yang lain dapat dilihat pada Lampiran 4.

e. Perhitungan waktu normal dan waktu baku

Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu normal dan waktu standar pada proses extruder.

Waktu Normal (Wn)

$Wn = \text{Waktu rata-rata} \times \text{performance Rating}$

$$= 64.81 \times 1,19$$

$$= 77, 12 \text{ menit}$$

Waktu Standar (Ws)

$$Ws = \text{waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ allowance}}$$

$$= 77.12 \times 1.15$$

$$= 108.62 \text{ menit}$$

Untuk pengukuran waktu pada aktivitas lain ditunjukkan pada Lampiran 4. Berdasarkan perhitungan setiap aktivitas, maka didapatkan hasil waktu standar sebagai berikut.

**Tabel 4.10** Perhitungan *Stopwatch Time Study* Pada Proses Produksi

No.	Aktivitas	Waktu Rata-Rata (min)	Performance Rating	Waktu Normal (min)	Allowance	Waktu Standar (min)
1	Proses extruder	60.63	1.19	77.25	29	108.81
2	Proses printing	62.08	1.05	65.18	29	91.81
3	Proses slitting	85.47	1.16	99.15	16	118.03
4	Proses reworking	64.56	1.05	67.79	16	80.70

#### 4.3.2.2 Tingkat Persediaan Pada Proses Produksi

Pada akhir proses extruder, printing, slitting, dan reworking memiliki *Work in Process* (WIP) dan hasil produk/*finished good*. Tabel 4.11 menunjukkan data WIP dan hasil produk/*finished good* dimana diambil 15 data dengan kondisi dan order yang stabil. Berdasarkan Tabel 4.9, maka jumlah WIP *blank middle roll* adalah 60517.09 kg, *printed middle roll* adalah 6673.04 kg, dan *hold roll* 54503.56 kg. Meningkatnya jumlah WIP *blank middle roll* karena sering terjadi *problem* pada mesin *printing*. Sedangkan meningkatnya jumlah *hold roll* karena banyaknya *defect/cacat* produk.

**Tabel 4.11** Jumlah Persediaan Tahun 2016

No.	Middle Roll Blank (Kg)	Middle Roll Printed (Kg)	Hold Roll (Kg)	Jumlah WIP (kg)	Finished Good (kg)
1	54608.25	3559.29	58721.73	116889.27	16143.24
2	55838.25	4009.64	56413.49	116261.38	15554.02
3	60630.03	4997.79	54517.13	120144.95	16733.67
4	57604.16	5092.56	54798.73	117495.45	23304.13
5	62043.29	4819.82	53940.79	120803.9	16782.33
6	61413.47	4665.63	53525.57	119604.67	21667.89
7	62739.82	2389.7	53733.85	118863.37	19946.68
8	70258.76	2939.95	51385.68	124584.39	12379.91
9	68696.29	6499.16	52653.67	127849.12	17234.11
10	62156.37	9612.03	52801.36	124569.76	23912.86
11	57592.02	13485.84	52731.17	123809.03	21780.01
12	56216.57	11712.47	54397.58	122326.62	22026.45
13	57832.46	10646.99	55335.08	123814.53	18411.56
14	57315.87	9919.16	56557.35	123792.38	17854.03
15	62810.75	5745.51	56040.26	124596.52	17333.34
Rata-Rata	60517.09	6673.04	54503.56	121693.69	18737.61

(Sumber: Data Perusahaan)

#### 4.3.2.3 Tingkat Kualitas Pada Proses Produksi

Beberapa cacat/defect yang diakibatkan dari tiap proses produksi yaitu sebagai berikut.

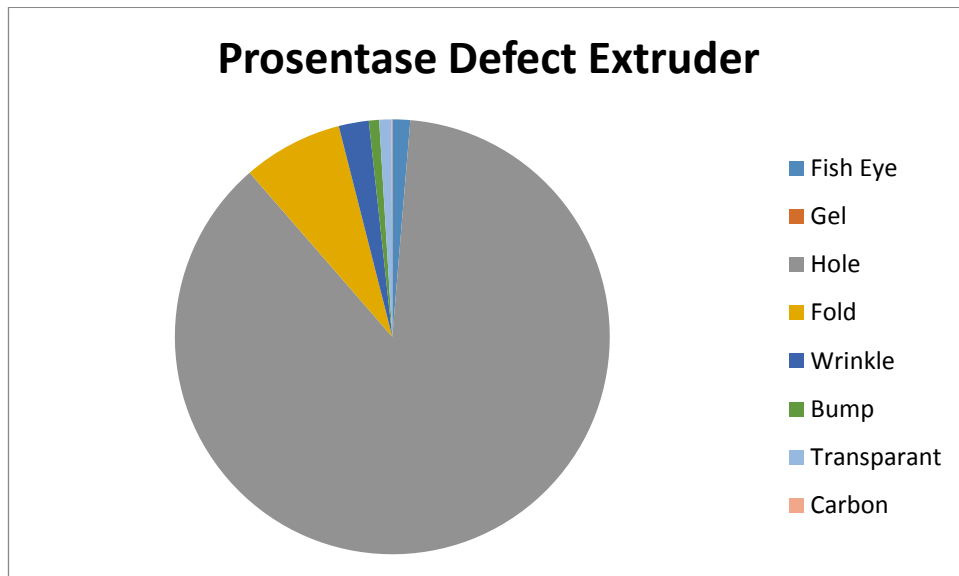
1. Proses *extruder*: *hole, bump, wrinkle, fold, gel, transparan, fish eye*.
2. Proses *printing*: *dirty print, misprint, misregister, scratch, ghosting, printing block, smearing*.
3. Proses *slitting* dan *reworking*: *margin not center, bad cutting, zig zag, cut to print, short roll, trimming break, loose*.

Pada Tabel 4.12 terdapat 15 data yang menunjukkan prosentase *waste* dari tiap proses dan diketahui bahwa jumlah cacat paling banyak berasal dari proses *extruder* dimana rata-rata defect terbesar yaitu *hole* dengan prosentase sekitar 87% yang ditunjukkan oleh Gambar 4.12.

**Tabel 4.12** Jumlah Cacat/Proses/Hari

No.	Extruder	Printing	Slitting
1	48.40%	31.15%	20.45%
2	53.78%	29.50%	16.72%
3	47.37%	37.71%	14.92%
4	53.26%	26.65%	20.09%
5	56.26%	24.40%	19.34%
6	61.10%	19.84%	19.06%
7	53.35%	28.73%	17.92%
8	60.08%	19.80%	20.12%
9	57.46%	26.58%	15.95%
10	67.21%	11.17%	21.62%
11	80.13%	7.12%	12.74%
12	75.84%	8.69%	15.47%
13	53.96%	34.02%	12.02%
14	63.59%	31.07%	5.34%
15	53.08%	29.39%	17.53%
Rata-Rata	58.99%	24.39%	16.62%

(Sumber: Data Perusahaan)



(Sumber: Data Perusahaan)

**Gambar 4.12** Prosentase Defect Pada Proses Extruder

#### 4.3.2.4 Konsumsi Material Pada Proses Produksi

Pada tahap produksi, konsumsi material yang terjadi secara langsung adalah konsumsi material resin yang terdiri dari *masterbatch*, *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *additive* untuk proses ekstruder yang mengubah bijih plastik menjadi lembaran plastik dimana konsumsi *masterbatch* sebesar 79.08%, LLDPE sebesar 15.56%, LDPE sebesar 4.72%, dan *additive* sebesar 0.64%. Konsumsi material pada proses *printing* adalah konsumsi tinta dan solvent. Konsumsi material pada proses *slitting* adalah konsumsi *papercore*. Tabel 4.13 menunjukkan konsumsi material pada setiap tahap proses produksi dan diketahui bahwa konsumsi resin pada proses ekstruder terdiri dari *masterbatch*, *recycle*, LLDPE, LDPE, dan *additive* adalah 26058.46 kg dan *loss* material resin sekitar 28-30%. Konsumsi tinta dan solvent pada proses *printing* adalah 918 kg dan *loss* material sekitar 16.80% dan 15.30%. Konsumsi *papercore* pada proses *slitting* dan *rewinding* adalah 1011 kg dan *loss* material sekitar 11.35% dan 18.18%.

**Tabel 4.13** Konsumsi Material/Hari

No.	Proses	Material	Jumlah Masuk (kg)	Jumlah Keluar (kg)	Jumlah Dibuang (kg)	Loss (%)
1	Proses ekstruder	Masterbatch	20606.26	14,836.51	6,210.15	30.14
		LLDPE	4053.81	2,918.74	1,135.07	28.00
		LDPE	1230.58	886.02	344.56	28.00
		AMF	167.81	120.82	46.99	28.00
2	Proses printing	Tinta	238	198	40	16.80
		Solvent	680	576	104	15.30
3	Proses slitting	Papercore	758	672	86	11.35
4	Proses reworking	Papercore	253	207	46	18.18

(Sumber: Data Perusahaan)

#### 4.3.2.5 Konsumsi Energi Pada Tahap Proses Produksi

Energi yang digunakan pada proses produksi adalah energy PLN. Daya mesin dari *machine manual book* akan dikurangi *loss* daya karena ketidakstabilan distribusi dan transmisi daya. Tabel 4.14 menunjukkan konsumsi energi per hari yang digunakan dalam produksi *backsheet diapers* dimana konsumsi energi terbesar pada proses extruder.

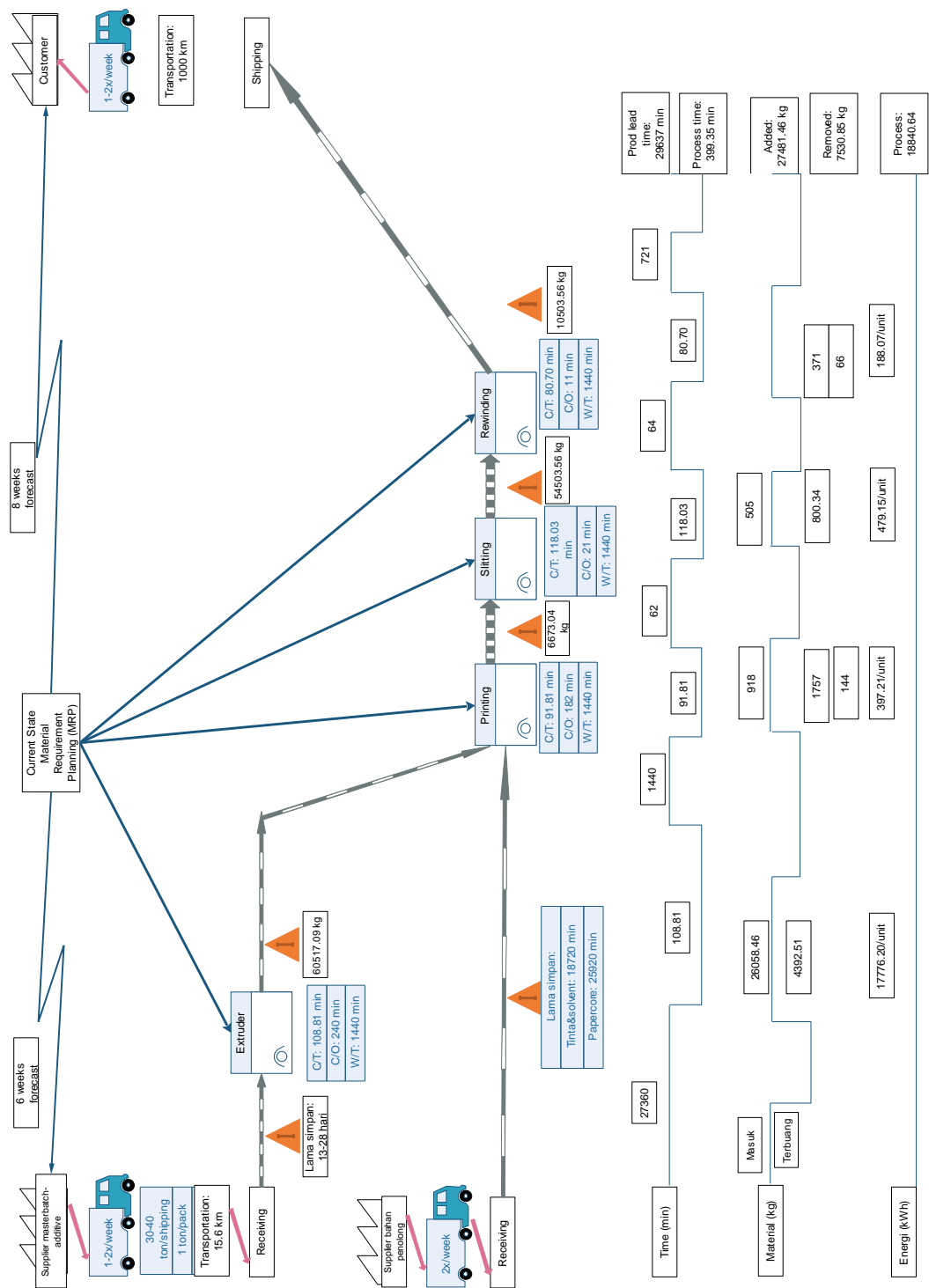
**Tabel 4.14** Konsumsi Energi

No.	Proses	Daya (Wh)	Waktu (jam)/ hari	Total (kWh)/hari
1	Proses extruder	746812.1	23.80	17776.20
2	Proses printing	17449.125	22.76	397.21
3	Proses slitting	15200	31.52	479.15
4	Proses reworking	7600	24.75	188.07

(Sumber: Data Perusahaan)

#### 4.4 *Current State Value Stream Mapping* pada PT. XYZ

Setelah data dikumpulkan dan menghitung semua inputan untuk *current state Value Stream Mapping*, maka berikut gambaran *current state Value Stream Mapping* ditunjukkan pada Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Current State Value Stream Mapping Backsheet Diapers

Berdasarkan Gambar 4.13, maka berikut analisis dari *current state Value Stream Mapping*.

- a. *Waste* produksi yang tinggi karena cacat produk tinggi (*trouble mesin, material kurang baik, kecerobohan operator*) dan menyebabkan limbah produksi dan dampak lingkungan juga meningkat akibat proses produksi *backsheet diapers*.
- b. Pengaturan letak dan penggunaan *work in process* perlu diperbaiki karena jumlah *WIP* yang tinggi dan masih ada operator membutuhkan waktu yang lama untuk mengambil dan meletakkan *WIP blank middle roll*, dan *printed middle roll*.
- c. Waktu proses produksi perlu dibuat menjadi efektif dan efisien.

#### **4.4 Penentuan Aktivitas *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA)**

Penentuan Aktivitas *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA) yang bertujuan untuk mendefinisikan setiap aktivitas dan mengelompokkan setiap aktivitas termasuk VA, NVA, dan NNVA. Pendefinisian tiap aktivitas dan penetapan kategori VA, NVA, dan NNVA dilakukan melalui *brainstorming* dengan *shift leader, section head*, dan *manager*. Tabel 4.15 menunjukkan penentuan VA, NVA, dan NNVA tiap aktivitas.



**Tabel 4.15** Penentuan Aktivitas VA, NVA, dan NNVA

No.	Stasiun Kerja	Proses	Aktivitas					Keterangan
			O	T	I	S	D	
1	Extruder	Foorklift mengangkut material ke hopper		T				NNVA
		Material masuk ke hopper	O					VA
		Setting mesin dan parameter	O					VA
		Proses extruder	O					VA
		Cek QC			I			NNVA
		Blank middle roll dipindahkan ke area WIP		T				NNVA
		Blank middle roll menunggu diproses					D	NVA
2	Printing	Memasang plat dan anilog	O					VA
		Memasukkan tinta dan solvent	O					VA
		Menunggu material					D	NVA
		Mengambil material di area WIP		T				NNVA
		Setting mesin printing	O					VA
		Proses printing	O					VA
		Cek QC			I			NNVA
		Printed middle roll dipindahkan ke area WIP		T				NNVA
		Printed middle roll menunggu diproses					D	NVA
3	Slitting	Mengambil papercore		T				NNVA
		Menunggu material					D	NVA
		Mengambil material di area WIP		T				NNVA
		Setting mesin slitter	O					VA
		Proses slitting	O					VA
		Cek QC			I			NNVA
		Baby roll diletakkan di pallet					D	NNVA
4	Rewinding	Mengambil baby roll di pallet		T				NNVA
		Setting mesin	O					VA
		Proses rewinding	O					VA
		Cek QC			I			NNVA
		Packaged roll diwapping					D	NVA
		Packaged roll dipindahkan ke FG warehouse					D	NVA

(Sumber: Data Perusahaan)

*Resume* dari Tabel 4.15 mengenai Aktivitas *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary but Non Value Added* (NNVA) ditunjukkan oleh Tabel 4.16.

**Tabel 4.16** Resume Aktivitas VA, NVA, dan NNVA

No.	NA/NVA/NNVA	Aktivitas
1	VA	Material masuk ke hopper
		Setting mesin dan parameter
		Proses extruder
		Memasang plat dan anilog
		Memasukkan tinta dan solvent
		Setting mesin printing
		Proses printing
		Setting mesin slitter
		Proses slitting
		Setting mesin
		Proses rewinding
2	NVA	Blank middle roll menunggu diproses
		Menunggu material blank middle roll
		Printed middle roll menunggu diproses
		Menunggu material printed middle roll+C10
		Packaged roll diwapping
		Packaged roll dipindahkan ke FG warehouse
3	NNVA	Foorklift mengangkut material ke hopper
		Cek QC
		Blank middle roll dipindahkan ke area WIP
		Mengambil material di area WIP
		Cek QC
		Printed middle roll dipindahkan ke area WIP
		Mengambil papercore
		Mengambil material di area WIP
		Cek QC
		Baby roll diletakkan di pallet
		Mengambil baby roll di pallet
		Cek QC

**Tabel 4.17** Prosentase VA, NVA, dan NNVA

Aktivitas	Total Proses	Prosentase
Value Added	11	37.93%
Non Value Added	6	20.69%
Non Value Added but Necessary	12	41.38%

Berdasarkan Tabel 4.17, maka prosentase total aktivitas *value added* adalah 37.93%, *non value added* adalah 20.69%, dan *necessary non value added* adalah 41.38%. Karena *necessary non value added activity* paling besar, maka diperlukan optimalisasi aktivitas-aktivitas tersebut.

#### 4.5 Penentuan Waste Kritis Proses Produksi

Penentuan *waste* kritis dilakukan pada tiap proses yaitu proses *extruder*, proses *printing*, proses *slitting*, dan *rewinding* dengan pendekatan *Borda Count Method*. Identifikasi *waste* berdasarkan *current state Value Stream Mapping* dan dilakukan dengan penyebaran kuisioner kepada *shift leader* dan *section head*. Penentuan skor pada kuisioner yaitu nilai 1 merupakan nilai tertinggi dimana menunjukkan *waste* sering terjadi pada proses produksi *backsheet diapers* sedangkan nilai 7 merupakan nilai terendah dimana menunjukkan *waste* jarang/tidak pernah terjadi pada proses produksi *backsheet diapers*.

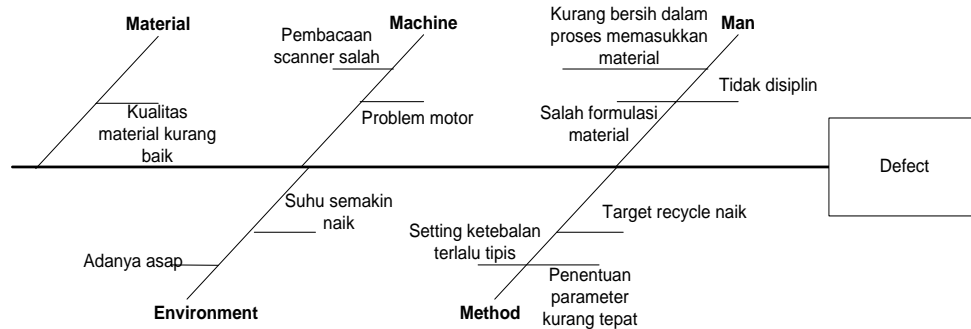
##### 4.5.1 Penentuan Waste Kritis Pada Proses Extruder

Untuk menentukan *waste* kritis, maka dilakukan penyebaran kuisioner kepada *shift leader* dan *section head*. Hasil penentuan *waste* kritis pada proses extruder ditunjukkan pada Tabel 4.18.

**Tabel 4.18** Waste Kritis Proses Extruder

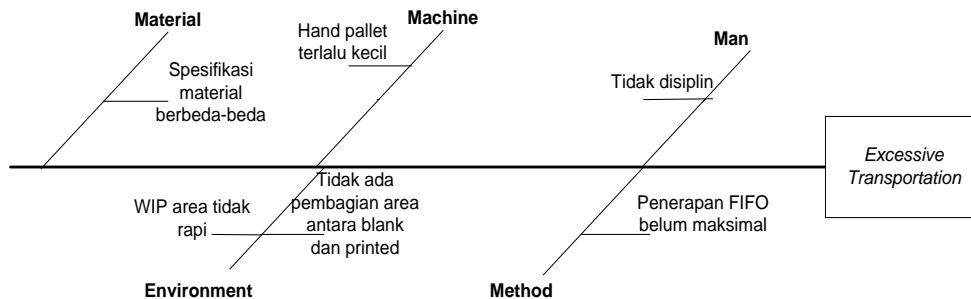
No.	Waste	Responden			Jumlah Skor
		SL 1	SL 2	SH	
1	Overproduction	3	2	4	15
2	Defect	1	3	1	19
3	Unnecessary inventory	5	4	3	12
4	Inappropriate processing	4	5	5	10
5	Excessive Transportation	2	1	2	19
6	Waiting	7	7	7	3
7	Unnecessary motion	6	6	6	6

Berdasarkan tabel 4.18, maka dua skor tertinggi dari penentuan *waste* kritis adalah *defect* dan *excessive transportation*. *Waste defect* sering terjadi dikarenakan kualitas material kurang baik, adanya kontaminasi kotoran, dan *trouble* mesin. Detail alasan terjadinya *defect* akan dijelaskan pada diagram ishigawa pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14** Diagram Ishikawa untuk *Defect Problem*

*Excessive transportation* terjadi karena area WIP tidak rapi karena tidak ada pembagian yang pasti antara tempat *blank middle roll* dan *printed middle roll* sehingga operator membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menempatkan *blank middle roll* di area WIP. Detail terjadinya *Excessive transportation waste* akan dijelaskan pada diagram ishigawa pada Gambar 4.15 dibawah ini.



**Gambar 4.15** Diagram Ishikawa untuk *Excessive Transportation Problem*

#### 4.5.2 Penentuan *Waste Kritis* Pada Proses Printing

Untuk menentukan *waste* kritis, maka dilakukan penyebaran kuisioner kepada *shift leader* dan *section head*. Hasil penentuan *waste* kritis pada proses printing ditunjukkan pada Tabel 4.19.

**Tabel 4.19** Waste Kritis Proses Printing

No.	Waste	Responden			Jumlah Skor
		SL 1	SL 2	SH	
1	Overproduction	7	7	7	3
2	Defect	1	1	2	20
3	Unnecessary inventory	6	3	5	10
4	Inappropriate processing	4	4	3	13
5	Excessive Transportation	3	5	4	12
6	Waiting	2	2	1	19
7	Unnecessary motion	5	6	6	7

Berdasarkan Tabel 4.19, maka dua skor tertinggi dari penentuan *waste* kritis adalah *defect* dan *waiting*. *Defect* sering terjadi dikarenakan kesalahan setting printing, kesalahan pencampuran tinta dan solvent sehingga menghasilkan gambar dengan warna yang kurang baik, trouble mesin yang menyebabkan panjang produk tidak sesuai spesifikasi. Untuk *waiting* sering terjadi ketika mesin extruder sedang mengalami masalah sehingga tidak ada material yang dapat dikerjakan oleh mesin printing atau material untuk printing tidak sesuai spesifikasi produk yang akan diproses pada mesin printing.

#### 4.5.3 Penentuan Waste Kritis Pada Proses Slitting

Untuk menentukan *waste* kritis, maka dilakukan penyebaran kuisioner kepada *shift leader* dan *section head*. Hasil penentuan *waste* kritis pada proses *slitting* yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.20.

**Tabel 4.20** Waste Kritis Proses Slitting

No.	Waste	Responden			Jumlah Skor
		SL 1	SL 2	SH	
1	Overproduction	7	7	7	3
2	Defect	1	3	1	19
3	Unnecessary inventory	5	6	6	7
4	Inappropriate processing	4	4	4	12
5	Excessive Transportation	2	2	3	17
6	Waiting	3	1	2	18
7	Unnecessary motion	6	5	5	8

Berdasarkan Tabel 4.20, maka dua skor tertinggi dari penentuan *waste* kritis adalah *defect* dan *waiting*. *Defect* sering terjadi dikarenakan kesalahan setting

mesin slitter dan kesalahan-kesalahan manusia yang mengakibatkan *defect margin not center, bad cutting, short roll, cut to print*. Untuk *waiting* sering terjadi ketika mesin extruder dan mesin printing sedang mengalami masalah sehingga tidak ada material yang dapat dikerjakan oleh mesin slitter.

#### 4.5.4 Penentuan *Waste Kritis* Pada Proses Rewinding

Untuk menentukan *waste* kritis, maka dilakukan penyebaran kuisisioner kepada *shift leader* dan *section head*. Hasil penentuan *waste* kritis pada proses rewinding ditunjukkan pada Tabel 4.21.

*Waste Kritis Proses Rewinding*

No.	Waste	Responden			Jumlah Skor
		SL 1	SL 2	SH	
1	Overproduction	7	7	7	3
2	Defect	1	1	1	21
3	Unnecessary inventory	3	2	3	16
4	Inappropriate processing	5	5	2	12
5	Excessive Transportation	2	4	6	12
6	Waiting	6	6	4	6
7	Unnecessary motion	4	3	5	12

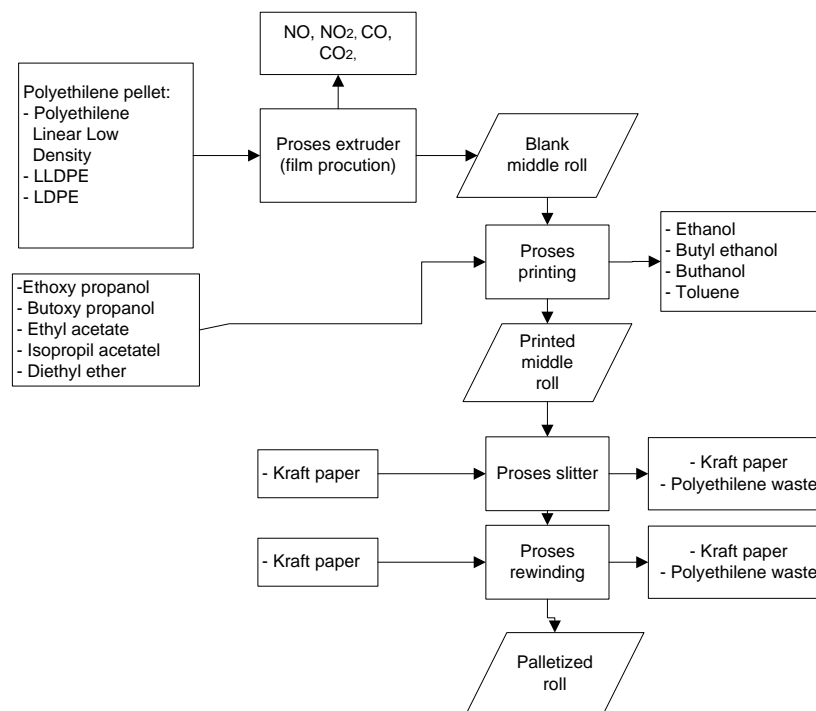
Berdasarkan Tabel 4.21, maka dua skor tertinggi dari penentuan *waste* kritis adalah *defect* dan *waiting*. *Defect* sering terjadi dikarenakan *defect* dari proses extruder, printing dan slitter sehingga diproses rewinding produk yang memiliki *defect* harus diproses ulang untuk mejadikan kualitas yang lebih baik. Untuk *unnecessary inventory defect* dikarenakan banyaknya produk yang memiliki banyak *defect* masih disimpan.

#### 4.6 *Life Cycle Assessment*

Untuk menghitung dampak lingkungan dari produksi *backsheet diapers* dengan pendekatan *Life Cycle Assessment*, maka dilakukan fase-fase yaitu *goal and scope, life cycle inventory, life cycle impact assessment, dan interpretation*.

#### 4.6.1 Definisi Tujuan dan Ruang Lingkup

Tujuan pengukuran dengan *Life Cycle Assessment* adalah untuk mengetahui dampak lingkungan dari produksi *backsheet diapers* dimana dampak lingkungan dari material, proses, dan energy yang digunakan. Ruang lingkup pengukuran dengan *Life Cycle Assessment* yaitu *cradle-to-grave* dimana proses produksi *backsheet diapers* dimulai dari material masuk ke mesin sampai menghasilkan *finish good* dan *waste*. *System boundaries* dari produksi *backsheet diapers* ditunjukkan pada Gambar 4.16.



**Gambar 4.16** *System Boundaries Backsheet Diapers Production*

#### 4.6.2 Life Cycle Inventory

*Life Cycle Inventory* (LCI) merupakan proses pengumpulan data berupa jumlah input maupun output dalam suatu proses mulai dari proses *extruder*, *printing*, *slitting*, *rewinding*, dan *packaging*. Input merupakan penggunaan material dan energi yang dibutuhkan dalam proses produk *backsheet diapers* sedangkan output merupakan hasil produksi, emisi, dan *waste*. Data input dan output tersebut terdiri dari data primer maupun sekunder, dimana akan disesuaikan dengan database SimaPro 8.5.2. Dalam software ini, tidak semua input terdapat dalam database SimaPro 8.5.2 sehingga pengguna harus

menyesuaikan input dengan database Simapro 8.5.2 yang mendekati dan sesuai dengan kondisi aktual perusahaan. Input dan output dalam proses produk *backsheet diapers* adalah sebagai berikut.

a. Proses extruder

Input dalam proses extruder dapat dijelaskan pada Tabel 4.22.

**Tabel 4.22** Input Proses Extruder Pada Simapro

Material	Database Name	Satuan	Jumlah
Masterbatch	Polyethylene low linear density granulate (PE-LLD), production mix, at plant RER	kg	144243.82
LLPDE	Polyethylene, LLDPE, granulate, at plant/RER	kg	28375.27
LDPE	Polyethylene, LDPE, granulate, at plant/RER	kg	8614.06
Addictive	Linear low density polyethylene resin, at plant/RNA	kg	1174.67
Heat	Electricity, high voltage {ASCC}  production mix   APOS, S	kwh	248866.8

(Sumber: Data Perusahaan)

Masterbatch LLDPE, LDPE, dan additive dimasukkan ke dalam hopper dan dicampur lalu dipanaskan dengan menggunakan energy listrik PLN sehingga menjadi lembaran *breathable film*.

b. Proses printing

Input dalam proses printing dapat dijelaskan pada Tabel 4.23.

**Tabel 4.23** Input Proses Printing Pada Simapro

Material	Database Name	Satuan	Jumlah
Blank middle roll	Printing Process	kg	151661.65
Tinta	1-propanol {RER}  production   APOS, S	kg	2142
	2-methyl-2-butanol {RER}  production   APOS, S	kg	2142
Solvent	Ethyl acetate {RER}  production   APOS, S	kg	714
	Isopropyl acetate {RER}  production   APOS, S	kg	714
	Diethyl ether, without water, in 99.95% solution state {RER}  ethylene hydration   APOS, S	kg	714
Heat	Electricity, high voltage {ASCC}  production mix   APOS, S	kwh	11121.88

(Sumber: Data Perusahaan)



Input dari proses printing adalah hasil dari proses extruder yaitu *blank middle roll*, tinta, dan solvent dimana mengalami proses printing dengan menggunakan energy listrik PLN sehingga menjadi *printed middle roll*.

c. Proses slitting

Input dan output dalam proses slitting dapat dijelaskan pada Tabel 4.24.

**Tabel 4.24** Input Proses Slitting Pada Simapro

Material	Database Name	Satuan	Jumlah
Printed middle roll	Printing Process	kg	139362.65
Papercore	Kraft paper, bleached {RoW}  production   APOS, S	kg	2651.25
Heat	Electricity, high voltage {ASCC}  production mix   APOS, S	kwh	26832.4

(Sumber: Data Perusahaan)

Input dari proses slitting adalah hasil dari proses printing yaitu *printed middle roll* dan papercore dan mengalami proses slitting dengan menggunakan energy listrik PLN sehingga menjadi *baby roll*.

d. Proses rewinding

Input dan output dalam proses rewinding dapat dijelaskan pada Tabel 4.25.

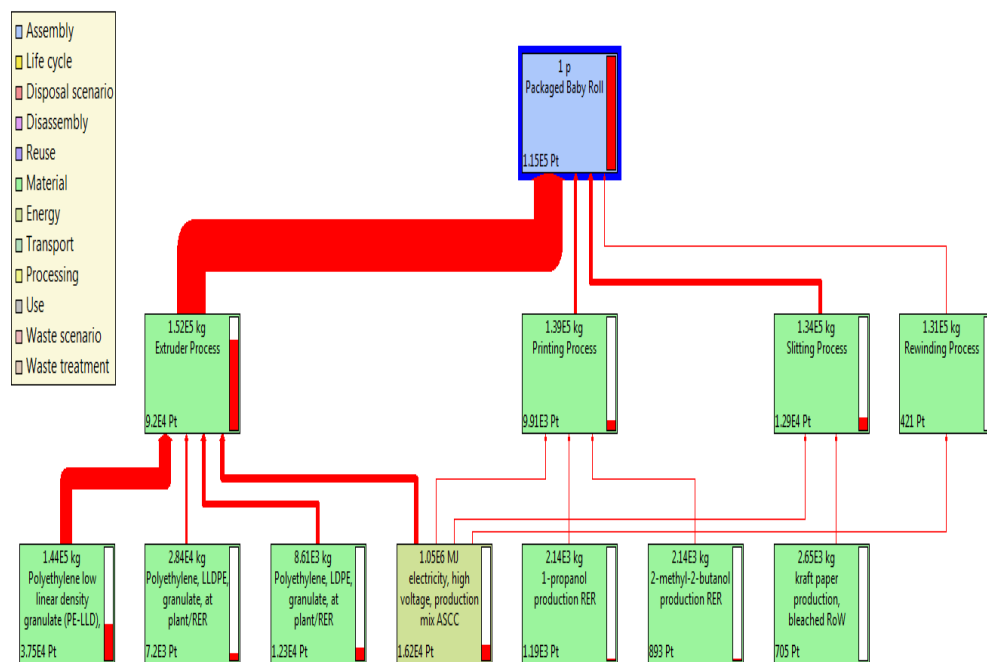
**Tabel 4.25** Input Proses Rewinding Pada Simapro

Material	Database Name	Satuan	Jumlah
Baby roll	Slitting Process	kg	131160.05
Papercore	Kraft paper, bleached {RoW}  production   APOS, S	kg	883.75
Heat	Electricity, high voltage {ASCC}  production mix   APOS, S	kwh	3948.84

(Sumber: Data Perusahaan)

Input dari proses rewinding adalah hasil dari proses slitting yaitu *baby roll* dan papercore dan mengalami proses rewinding dengan menggunakan energy listrik PLN sehingga menjadi *packaged baby roll*.

Tahap akhir dari proses *life cycle inventory* adalah penggabungan keseluruhan proses produksi sehingga akan membentuk sebuah *life cycle*. Dari *life cycle* tersebut nantinya akan diketahui proses yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Penggabungan keseluruhan proses produksi juga menghasilkan sebuah *network* yang menggambarkan proses produksi yang disebut sebagai *tree diagram*. *Tree diagram* dari proses produksi *backsheet diapers* ditunjukkan Gambar 4.17.



**Gambar 4.17** Tree Diagram Backsheet Diaper (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa proses produksi *backsheet diapers* memiliki dampak terhadap lingkungan. Hal ini dibuktikan dengan adanya garis berwarna merah tebal dengan nilai  $9.2 \times 10^4$  Pt pada proses extruder yang menunjukkan dampak lingkungan yang besar pada *life cycle* produk. Garis warna merah tebal pada proses extruder dikarenakan penggunaan material *polyethylene low density granulate* (PE-LLD) dengan prosentase paling besar dibandingkan dengan penggunaan material yang lain. Dampak lingkungan terbesar kedua pada proses slitting sebesar  $1.29 \times 10^4$  Pt dikarenakan emisi gas buang yang dapat menyebabkan gangguan pernafasan.

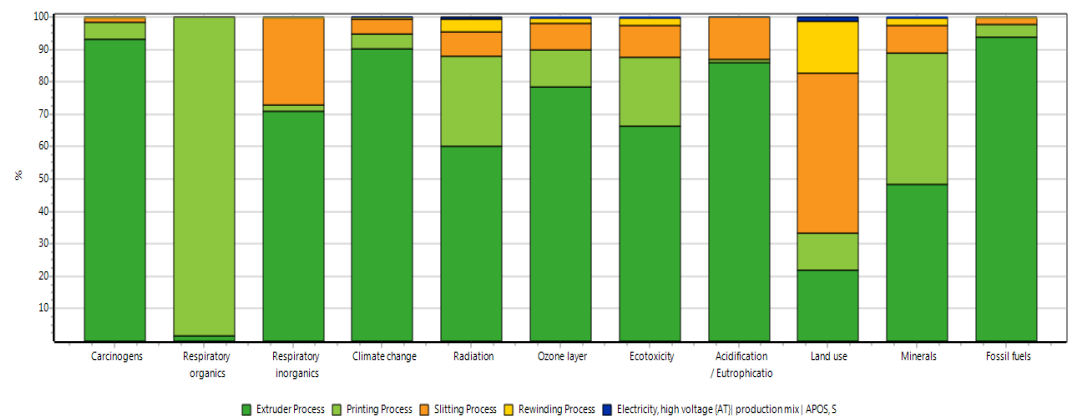
Setelah dilakukan pembuatan *tree diagram* pada proses produksi, langkah selanjutnya adalah perhitungan dampak lingkungan yang meliputi *characterization*, *normalization* dan *weighting*.

#### 4.6.3 Life Cycle Impact Assessment

Pada tahap ini, data-data yang telah diperoleh pada *Life Cycle Assessment* termasuk pengumpulan data serta perhitungan input output, maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari produksi *backsheet diapers*. Metode yang digunakan untuk mengetahui dampak lingkungan dari aktivitas *supply chain* dalam *life cycle impact assessment* adalah metode Eco-indikator 99. Dalam metode ini terdapat 11 kategori yang digunakan untuk mengukur dampak lingkungan. Dalam *Life Cycle Impact Assessment* terdapat tiga langkah utama yaitu *characterization*, *normalization* dan *weighting*. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing langkah tersebut.

##### a. *Characterization*

*Characterization* merupakan tahapan dimana keseluruhan input dan output akan dinilai kontribusinya terhadap lingkungan sesuai dengan kategori dampak yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil dari tahap ini adalah suatu profil dampak lingkungan dari sistem yang dievaluasi. Pada tahap ini output yang dihasilkan berupa prosentase. Output grafik dari *characterization* ditunjukkan oleh Gambar 4.18.



**Gambar 4.18** Grafik *Characterization* (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.18, dapat ditunjukkan proses extruder memiliki dampak yang paling besar terhadap lingkungan dibandingkan dengan proses lainnya dari 11 kategori dampak lingkungan yang diamati. *Output* yang dihasilkan pada tahap *characterization* berupa prosentase karena satuan yang

digunakan untuk masing-masing kategori berbeda-beda sehingga analisa perbandingan untuk kategori yang berbeda belum bisa dilakukan.

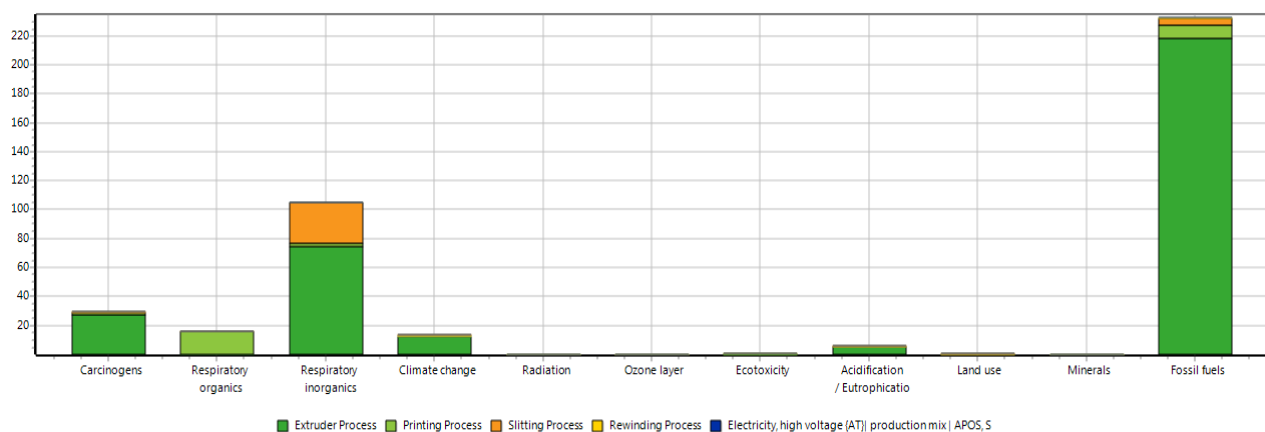
Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens	DALY	0.262	0.243	0.0136	0.00358	0.000757	0.000107
✓	Respiratory organics	DALY	0.139	0.00212	0.137	1.39E-5	2.02E-6	2.26E-7
✓	Respiratory inorganics	DALY	0.93	0.66	0.0187	0.248	0.00343	0.000171
✓	Climate change	DALY	0.122	0.11	0.00589	0.00537	0.000787	0.000111
✓	Radiation	DALY	0.000141	8.49E-5	3.89E-5	1.08E-5	5.43E-6	7.94E-7
✓	Ozone layer	DALY	2.41E-5	1.89E-5	2.79E-6	2E-6	3.93E-7	4.56E-8
✓	Ecotoxicity	PAF*m2yr	2.9E4	1.92E4	6.17E3	2.88E3	631	118
✓	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	3.6E4	3.1E4	358	4.61E3	47.3	7.03
✓	Land use	PDF*m2yr	3.05E3	669	350	1.5E3	487	35.4
✓	Minerals	MJ surplus	985	476	401	83.7	20.6	3.98
✓	Fossil fuels	MJ surplus	1.3E6	1.22E6	5.19E4	2.41E4	4.28E3	536

**Gambar 4.19** Output *Characterization* (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.19, maka kategori yang memiliki dampak lingkungan terbesar adalah *fossil fuels* dimana nilainya totalnya adalah  $1.3 \times 10^6$ . Total nilai pada proses ekstruder sebesar  $1.22 \times 10^6$ , proses printing sebesar  $5.19 \times 10^4$ , proses slitting sebesar  $2.4 \times 10^4$ , proses rewinding sebesar  $4.28 \times 10^3$ .

b. *Normalization*

*Normalization* merupakan tahapan penyamaan satuan unit untuk semua kategori dimana nilai karakterisasi dibagi dengan nilai normalisasi. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam melakukan analisa hasil dari sistem yang dievaluasi. Output grafik dari *normalization* ditunjukkan oleh Gambar 4.20.



**Gambar 4.20** Grafik *Normalization* (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.20, maka diketahui setelah dilakukan penyamaan satuan unit, kategori yang memiliki dampak terbesar terdapat pada kategori *fossil fuels*,

*respiratory inorganic*, dan *carcinogens* dengan nilai dampak lingkungan untuk masing-masing kategori sebesar 233, 105 dan 29.6. Nilai *normalization* pada setiap kategori dapat ditunjukkan pada Gambar 4.21.

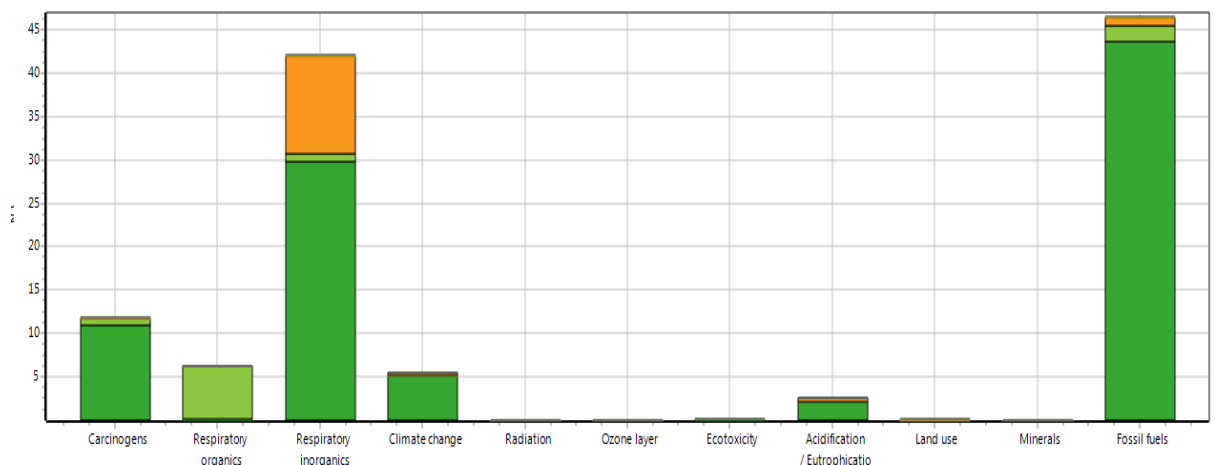
Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens		29.6	27.6	1.54	0.405	0.0857	0.0121
✓	Respiratory organics		15.8	0.24	15.5	0.00157	0.000228	2.55E-5
✓	Respiratory inorganics		105	74.7	2.11	28	0.388	0.0193
✓	Climate change		13.8	12.4	0.667	0.608	0.0891	0.0125
✓	Radiation		0.0159	0.00961	0.00441	0.00122	0.000614	8.99E-5
✓	Ozone layer		0.00273	0.00214	0.000316	0.000226	4.45E-5	5.17E-6
✓	Ecotoxicity		0.508	0.336	0.108	0.0503	0.011	0.00207
✓	Acidification/ Eutrophication		6.3	5.42	0.0626	0.806	0.00827	0.00123
✓	Land use		0.532	0.117	0.0612	0.263	0.0852	0.00618
✓	Minerals		0.176	0.0851	0.0716	0.015	0.00368	0.000712
✓	Fossil fuels		233	218	9.28	4.31	0.765	0.0958

**Gambar 4.21** Output *Normalization* (Simapro 8.5.2)

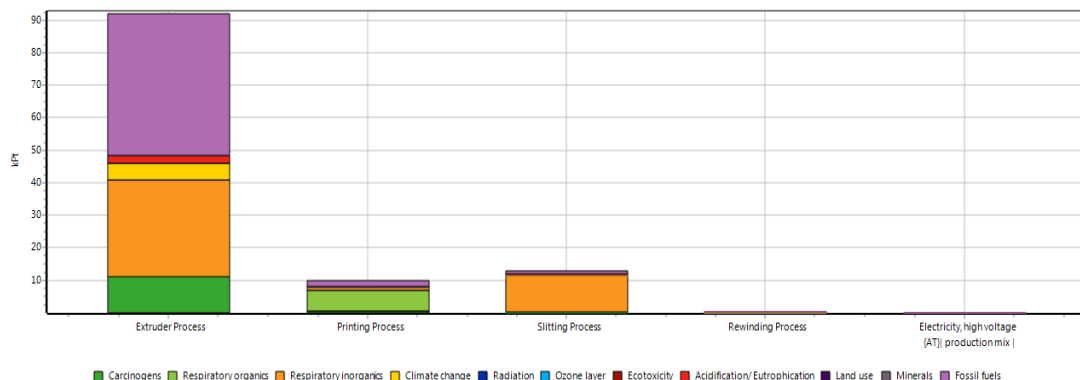
Berdasarkan Gambar 4.21, maka dapat ditunjukkan nilai *normalization* pada proses extruder, printing, slitting, dan rewinding untuk kategori *fossil fuels* yaitu 218, 9.28, 4.31, dan 0.765. Sedangkan nilai *normalization* pada kategori *respiratory inorganics* yaitu 74.7, 2.11, 28, dan 0.388. Nilai *normalization* pada kategori *carcinogens* yaitu 27.6, 1.54, 0.405, dan 0.0857.

### c. Weighting

*Weighting* merupakan tahapan dimana keseluruhan dampak yang telah dinilai akan dibandingkan dan disederhanakan dalam suatu basis ukuran yang sama. Nilai *weighting* tersebut merupakan nilai yang didapatkan dari perkalian antara nilai *normalization* dengan nilai *weighting*. Nilai *weighting* ini merupakan hasil akhir dari penilaian dampak lingkungan dalam LCA. Output dari *weighting* ditunjukkan oleh Gambar 4.22.



**Gambar 4.22** Grafik *Weighting* (Simapro 8.5.2)



**Gambar 4.23** Grafik *Weighting* dengan *Single Score* (Simapro 8.5.2)

Setelah dilakukan pembobotan pada Gambar 4.23, kategori *fossil fuels*, *respiratory inorganic*, dan *carcinogens* menjadi kategori dengan dampak lingkungan yang paling besar dengan nilai total masing-masing sebesar 46.5 kPt, 42.1 kPt dan 11.8 kPt. Berdasarkan hasil *weighting* dengan *single score* yang merupakan *weighting* dengan perbandingan total dampak pada tiap proses, maka diketahui bahwa dampak kategori terbesar pada proses *extruder* adalah *fossil fuels*, bahwa dampak kategori terbesar pada proses *printing* dampak adalah *respiratory organics*, dampak kategori terbesar pada proses *slitting* adalah *respiratory inorganics*, dan dampak kategori terbesar pada proses *rewinding* adalah *fossil fuels*. Untuk mengetahui nilai dampak lingkungan dari masing-masing kategori ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
	Total	kPt	115	92	9.91	12.9	0.421	0.0407
☑	Carcinogens	kPt	11.8	11	0.618	0.162	0.0343	0.00485
☑	Respiratory organics	kPt	6.31	0.096	6.21	0.00063	9.12E-5	1.02E-5
☑	Respiratory inorganics	kPt	42.1	29.9	0.845	11.2	0.155	0.00773
☑	Climate change	kPt	5.52	4.97	0.267	0.243	0.0356	0.00502
☑	Radiation	kPt	0.00637	0.00384	0.00176	0.000488	0.000246	3.6E-5
☑	Ozone layer	kPt	0.00109	0.000855	0.000126	9.04E-5	1.78E-5	2.07E-6
☑	Ecotoxicity	kPt	0.203	0.135	0.0431	0.0201	0.00441	0.000827
☑	Acidification/ Eutrophication	kPt	2.52	2.17	0.0251	0.322	0.00331	0.000492
☑	Land use	kPt	0.213	0.0467	0.0245	0.105	0.0341	0.00247
☑	Minerals	kPt	0.0352	0.017	0.0143	0.00299	0.000737	0.000142
☑	Fossil fuels	kPt	46.5	43.6	1.86	0.863	0.153	0.0192

**Gambar 4.24** Output *Weighting* (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.24, maka dapat ditunjukkan total dampak pada seluruh proses adalah sebesar 115 kPt dengan dampak terbesar pada proses extruder sebesar 92 kPt. Dampak kategori terbesar adalah *fossil fuels*, *respiratory inorganic*, dan *carcinogens*. Nilai *weighting* untuk kategori *fossil fues* pada proses extruder, printing, slitting, dan rewinding masing-masing

adalah sebesar 43.6 kPt, 1.86 kPt, 0.863 kPt dan 0.153 kPt. Sedangkan nilai *weighting* untuk masing-masing proses pada kategori *respiratory inorganic* yaitu 29.9 kPt, 0.845 kPt, 11.2 kPt, dan 0.155 kPt. Nilai *weighting* untuk masing-masing proses pada kategori *carcinogens* yaitu 11 kPt, 0.618 kPt, 0.162 kPt, dan 0.0343 kPt.

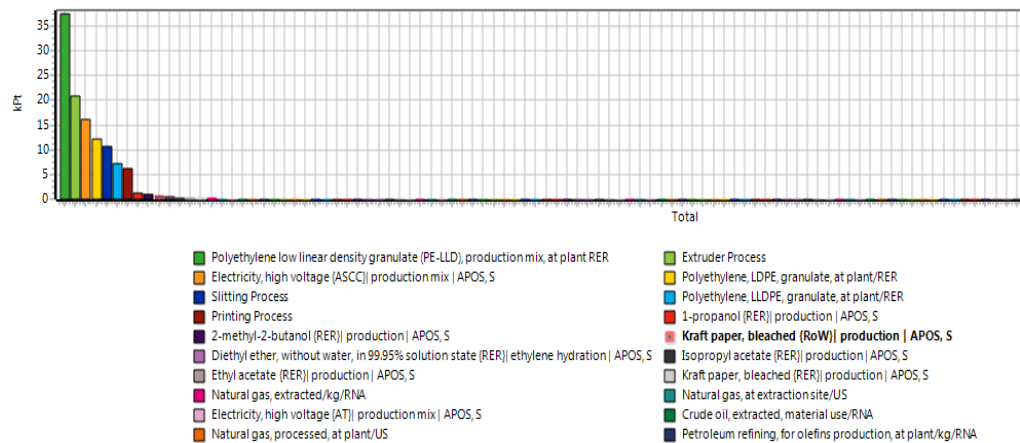
Dampak kategori *fossil fuels* disebabkan oleh penggunaan listrik dengan voltase tinggi untuk proses produksi *backsheet diapers* dimana listrik yang dipakai untuk proses produksi *backsheet diapers* berasal dari listrik negara dimana bahan bakunya adalah batubara. Dampak yang terjadi pada masa mendatang adalah semakin berkurangnya cadangan batubara. Dampak kategori terbesar kedua adalah *respiratory inorganic* dimana hal ini terjadi karena pada proses produksi *backsheet diapers* menghasilkan output yang mengandung emisi debu, sulfur dan nitrogen oksida ke udara sehingga mengakibatkan gangguan saluran pernafasan. Dampak kategori terbesar ketiga adalah *carcinogens* dimana hal ini terjadi karena emisi zat karsinogenik ke udara, air dan tanah dimana menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia, seperti memicu kanker.

#### **4.6.4 Interpretation**

Tahap *interpretation step* merupakan tahap *interpretasi* dari seluruh tahap yang sudah dilakukan sebelumnya. Setelah diketahui proses yang memiliki dampak terbesar, maka dilakukan analisis proses tersebut dengan tujuan untuk mempermudah dalam menentukan alternatif perbaikan. Dengan dilakukannya analisa dalam proses produksi, maka diharapkan alternatif perbaikan yang diberikan sesuai dengan permasalahan yang ada.

#### 4.6.5 Process Contribution

Setelah dilakukan analisis *characterization*, *normalization* dan *weighting*, diperlukan analisis mengenai penyebab proses extruder memiliki dampak lingkungan terbesar dengan menggunakan grafik *process contribution* yang merupakan output dari software Simapro 8.5.2 pada Gambar 4.25.



**Gambar 4.25** Process Contribution (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.25, bahan baku yang memiliki kontribusi terbesar terhadap lingkungan pada proses extruder adalah *polyethylene low density* (PE-LLD). Hal ini dikarenakan material tersebut digunakan dengan prosentase paling besar dibandingkan dengan penggunaan material yang lain.

#### 4.7 Alternatif Perbaikan Sistem

Pada sub bab sebelumnya telah dianalisis mengenai proses yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif perbaikan dengan tujuan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan. Berikut alternatif-alternatif dampak lingkungan yang merupakan hasil *brainstorming* dengan manager produksi, *section head extruder*, *manager QC*, dan *material supplier* adalah penggunaan *recycle* dengan target sebesar 10%, penggunaan *recycle* dengan target sebesar 17%, dan perubahan komposisi material.



#### 4.7.1 Penggunaan *recycle* dengan target sebesar 10%

Dengan pengamatan selama 30 hari, maka diambil hasil stabil selama 7 hari dengan penggunaan *recycle* yang berasal dari *waste* extruder sebesar 10.18% dan akan hasilnya akan dianalisis melalui 5 aspek yaitu sebagai berikut.

##### 1. Kualitas

**Tabel 4.26** Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 1

	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D
Grand Total (roll)	5452	13	1558	87
Percentage	76.68%	0.18%	21.91%	1.22%

(Sumber: Data Perusahaan)

Berdasarkan Tabel 4.26 secara kualitas, maka prosentase *pass roll* (grade A&B) adalah 76.86%, *hold roll* (grade C) adalah 21.91%, dan *reject roll* (grade D) adalah 1.22 %. Berdasarkan Table 4.27, maka diketahui defect paling banyak adalah proses extruder sebesar 50.64%, proses printing sebesar 30.23 %, dan proses slitting sebesar 19.13%.

**Tabel 4.27** Prosentase Defect Alternatif Perbaikan 1

Film Defect	Rolls	%	Printing Defect	Rolls	%	Slitting Defect	Rolls	%
Fish Eye	3	0.19%	Colour	-	0.00%	Zig-zag	26	1.67%
Gel	0	0.00%	Misprint	67	4.30%	Bad cutting	13	0.83%
Hole	683	43.84%	Dot skip	-	0.00%	Cut to print	63	4.04%
Fold	66	4.24%	Dirty print	187	12.00%	Margin not center	50	3.21%
Wrinkle	31	1.99%	Smearing	-	0.00%	Trimming break	21	1.35%
Bump	5	0.32%	Scratch	172	11.04%	Short roll	92	5.91%
Transparant	1	0.06%	Registration	31	1.99%	Loose	32	2.05%
Carbon	0	0.00%	Ghosting	6	0.39%	False Direction	0	0.00%
			Print Block	8	0.51%	Other*	1	0.06%
Total	789	50.64%		471	30.23%		298	19.13%

(Sumber: Data Perusahaan)

## 2. Tingkat persediaan

Tingkat persediaan berdasarkan penerapan alternatif perbaikan 1 ditunjukkan pada Tabel 4.28.

**Tabel 4.28** Jumlah Persediaan Alternatif Perbaikan 1

No.	Blank Middle Roll (Kg)	Printed Middle Roll (Kg)	Hold Roll (Kg)	Jumlah WIP (kg)	Finished Good (kg)
1	53699.00	3850.00	57333	114882.00	11816
2	60586.00	5996.00	55746	122328.00	14579
3	51977.00	7443.00	55147	114567.00	15374
4	59839.00	7117.00	56617	123573.00	11508
5	59262.00	7561.00	51312	118135.00	13231
6	51766.00	4909.00	55848	112523.00	12865
7	55071.00	7217.00	50770	113058.00	13967
8	56212.00	5481.00	56536	118229.00	15101
9	56563.00	3996.00	55950	116509.00	14898
10	53770.00	5440.00	54074	113284.00	15676
11	56282.00	3944.00	58346	118572.00	11554
12	51745.00	3777.00	50922	106444.00	13751
13	52612.00	4850.00	52794	110256.00	13969
14	53278.00	4009.00	58068	115355.00	14745
15	52774.00	7603.00	58282	118659.00	15888
Rata-Rata	55029.07	5546.20	55183.00	115758.27	13928.13

(Sumber: Data Perusahaan)

Berdasarkan Tabel 4.28, maka rata-rata *blank middle roll* adalah 55029.07 kg, *printed middle roll* adalah 5546.20 kg, *hold roll* adalah 55183 kg, dan FG adalah 13928.13 kg.

## 3. Efisiensi

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{ouput}}{\text{input}}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{139594.37}{182331.04}$$

$$\text{Efisiensi} = 76.56 \%$$

Efisiensi sistem saat menerapkan alternatif perbaikan 1 adalah 76.56%.

#### 4. Biaya

Jika material dikurangi dengan penggunaan recycle yang berasal dari *waste extruder* sebesar 10.81%, maka rincian biaya material selama 7 hari ditunjukkan oleh Tabel 4.29. Total biaya pembelian material adalah \$ 213330.85.

**Tabel 4.29** Biaya Pembelian Material Alternatif Perbaikan 1

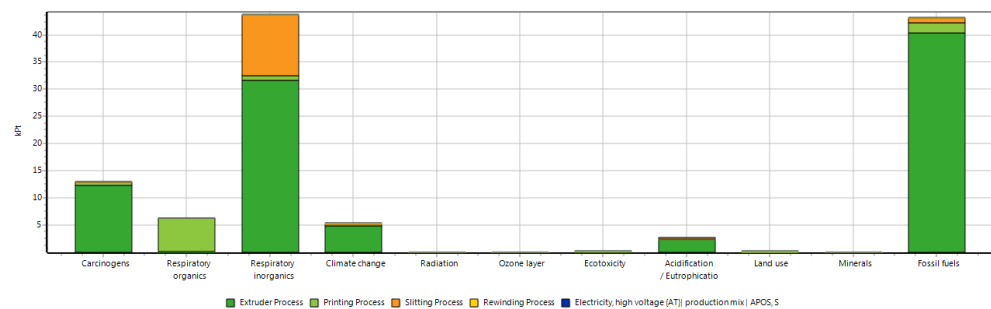
No.	Material	Jumlah (kg)	Harga/kg (\$)	Harga (\$)
1	Masterbatch	113000.00	1.12	126560
2	LLDPE	41,300.00	1.45	59885
3	LDPE	8,350.00	1.53	12775.5
4	Additive	1,125.00	5.45	6131.25
5	Recycle	18,556.04	0.43	7979.10
Total				213330.85

(Sumber: Data Perusahaan)

#### 5. Dampak lingkungan

Dengan menggunakan recycle sebesar 10.81 %, maka dampak lingkungan dari proses produksi *backsheet diapers* dapat diketahui melalui output *wighting* dari software Simapro yaitu sebagai berikut.

Output dari *weighting* ditunjukkan oleh Gambar 4.26.



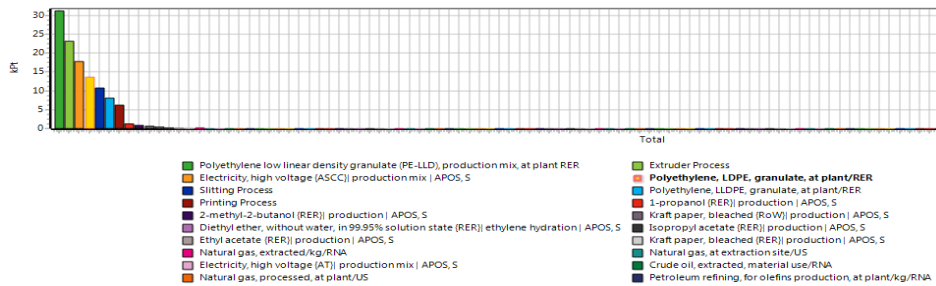
**Gambar 4.26** Grafik *Weighting* Alternatif 1 (Simapro 8.5.2)

Impact category	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
Total	kPt	115	91.7	9.91	12.9	0.421	0.0407
☑ Carcinogens	kPt	13.1	12.2	0.618	0.162	0.0343	0.00485
☑ Respiratory organics	kPt	6.31	0.0996	6.21	0.00063	9.12E-5	1.02E-5
☑ Respiratory inorganics	kPt	43.8	31.6	0.845	11.2	0.155	0.00773
☑ Climate change	kPt	5.39	4.84	0.267	0.243	0.0356	0.00502
☑ Radiation	kPt	0.0068	0.00427	0.00176	0.000488	0.000246	3.6E-5
☑ Ozone layer	kPt	0.00119	0.00095	0.000126	9.04E-5	1.78E-5	2.07E-6
☑ Ecotoxicity	kPt	0.218	0.149	0.0431	0.0201	0.00441	0.000827
☑ Acidification/ Eutrophication	kPt	2.7	2.35	0.0251	0.322	0.00331	0.000492
☑ Land use	kPt	0.218	0.0519	0.0245	0.105	0.0341	0.00247
☑ Minerals	kPt	0.036	0.0178	0.0143	0.00299	0.000737	0.000142
☑ Fossil fuels	kPt	43.3	40.4	1.86	0.863	0.153	0.0192

**Gambar 4.27** Output *Weighting* Alternatif 1 (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.26 dan 4.27, maka dapat ditunjukkan total dampak pada seluruh proses adalah sebesar 115 kPt dengan dampak terbesar pada

proses extruder sebesar 91.7 kPt. Dampak kategori terbesar adalah *respiratory inorganic, fossil fuels*, dan *carcinogens*. Sedangkan total dampak pada seluruh proses terbesar yaitu *respiratory inorganic* sebesar 43.8 kPt dengan kontribusi terbesar dari proses extruder.



**Gambar 4.28** *Process Contribution Alternatif 1 (Simapro 8.5.2)*

Berdasarkan Gambar 4.28, bahan baku yang memiliki kontribusi terbesar terhadap lingkungan pada proses extruder adalah *polyethylene low density* (PE-LLD). Hal ini dikarenakan material tersebut digunakan dengan prosentase paling besar dibandingkan dengan penggunaan material yang lain.

#### 4.7.2 Penggunaan *recycle* dengan target sebesar 17%

Dengan pengamatan selama 30 hari, maka diambil hasil stabil selama 7 hari dengan penggunaan *recycle* berasal dari *waste* extruder dan slitting sebesar 16.50% dan akan hasilnya akan dianalisis melalui 5 aspek yaitu sebagai berikut.

##### 1. Kualitas

**Tabel 4.30** Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 2

	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D
Grand Total (roll)	3848	9	2058	161
Percentage	63.33%	0.15%	33.87%	2.65%

(Sumber: Data Perusahaan)

Berdasarkan Tabel 4.26 secara kualitas, maka prosentase *pass roll* adalah 63.48%, *hold roll* adalah 33.87%, dan *reject roll* adalah 2.65 %. Berdasarkan Table 4.27, maka diketahui defect paling banyak adalah proses extruder sebesar 52.38%, proses printing sebesar 31.24%, dan proses slitting sebesar 16.38%.

**Tabel 4.31** Prosentase Defect Alternatif Perbaikan 2

<b>Film Defect</b>	<b>Rolls</b>	<b>%</b>	<b>Printing Defect</b>	<b>Rolls</b>	<b>%</b>	<b>Slitting Defect</b>	<b>Rolls</b>	<b>%</b>
Fish Eye	22	1.07%	Colour	0	0.00%	Zig-zag	35	1.70%
Gel	2	0.10%	Misprint	41	1.99%	Bad cutting	19	0.92%
Hole	761	36.98%	Dot skip	9	0.44%	Cut to print	11	0.53%
Fold	166	8.07%	Dirty print	107	5.20%	Margin not center	74	3.60%
Wrinkle	81	3.94%	Smearing	0	0.00%	Trimming break	15	0.73%
Bump	46	2.24%	Scratch	455	22.11%	Short roll	140	6.80%
Transparant	0	0.00%	Registration	25	1.21%	Loose	12	0.58%
Carbon	0	0.00%	Ghosting	1	0.05%	False Direction	0	0.00%
			Print Block	5	0.24%	Other*	31	1.51%
Total	1078			643			337	
Prosentase	52.38%			31.24%			16.38%	

(Sumber: Data Perusahaan)

## 2. Tingkat persediaan

Tingkat persediaan berdasarkan penerapan alternative perbaikan 2 ditunjukkan pada Tabel 4.32.

**Tabel 4.32** Jumlah Persediaan Alternatif Perbaikan 2

<b>No.</b>	<b>Blank Middle Roll (Kg)</b>	<b>Printed Middle Roll (Kg)</b>	<b>Hold Roll (Kg)</b>	<b>Jumlah WIP (kg)</b>	<b>Finished Good (kg)</b>
1	55130.03	5966.57	64187.27	114882	11506
2	56492.64	4910.06	64018.23	122328	11785
3	54708.94	4929.86	63259.57	114567	12120
4	43856.89	6021.65	64192.51	123573	12229
5	41882.77	1631.63	63669.08	118135	11190
6	45105.97	2095.42	63315.72	112523	11989
7	47203.18	1843.72	61313.35	113058	10905
8	44893.8	3000.81	60633.28	118229	11046
9	46506.56	3571.63	60158.42	116509	11305
10	43145.16	8800.18	60924.43	113284	12432
11	42086.15	9046.41	61757.11	118572	12141
12	45708.11	7459.9	61546.59	106444	11009
13	41264.16	9133.78	63894.48	110256	12781
14	40205.07	7583.09	64007.55	115355	12185
15	35441.95	7079.99	67025.93	118659	12064
Rata-Rata	45575.43	5538.31	62926.90	115758.27	11779.13

(Sumber: Data Perusahaan)

Berdasarkan Tabel 4.32, maka rata-rata *blank middle roll* adalah 45575.43 kg, *printed middle roll* adalah 5538.31 kg, *hold roll* adalah 62926.9 kg, dan FG adalah 11779.13 kg.

### 3. Efisiensi

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{ouput}}{\text{input}}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{138303.63}{182410.48}$$

$$\text{Efisiensi} = 75.82 \%$$

Efisiensi sistem saat menerapkan alternatif perbaikan 1 adalah 76.56%.

### 4. Biaya

Total biaya pembelian material menggunakan alternatif perbaikan 2 adalah \$ 213330.85 dan rinciannya ditunjukkan oleh Tabel. 4.33.

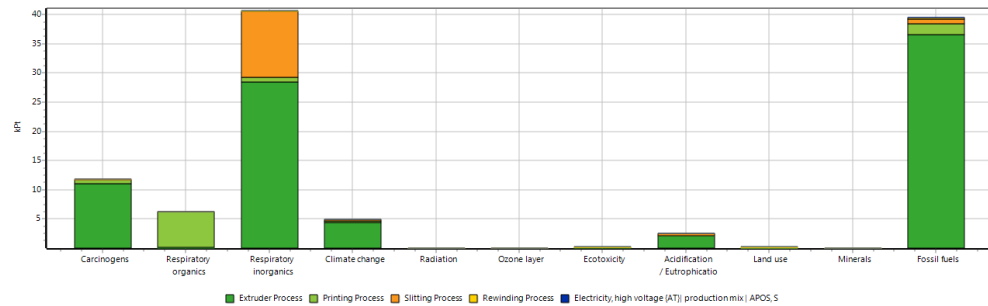
**Tabel 4.33** Biaya Pembelian Material Alternatif Perbaikan 2

No.	Material	Jumlah (kg)	Harga/kg (\$)	Harga (\$)
1	Masterbatch	109000.00	1.12	122080
2	LLDPE	35,075.00	1.45	50858.75
3	LDPE	8,800.00	1.53	13464
4	Additive	1,750.00	5.45	9537.5
5	Recycle	27,785.48	0.43	11947.76
Total				207888.01

(Sumber: Data Perusahaan)

### 5. Dampak lingkungan

Dengan menggunakan recycle sebesar 15.24 %, maka dampak lingkungan dari proses produksi *backsheet diapers* dapat diketahui melalui output *weighting* dari software Simapro yaitu sebagai berikut.

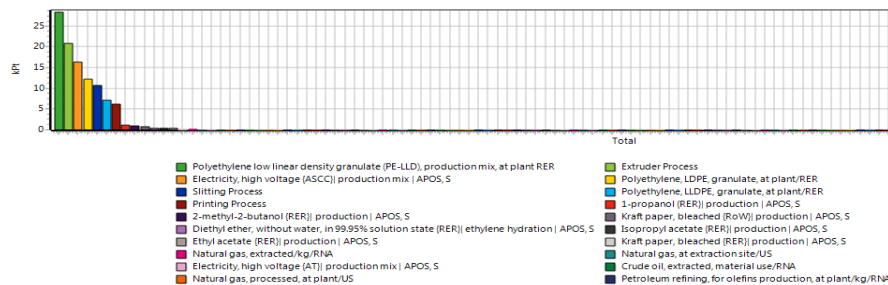


**Gambar 4.29** Grafik *Weighting* Alternatif 2 (Simapro 8.5.2)

Se	Impact category	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
	Total	kPt	106	82.8	9.91	12.9	0.421	0.0407
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	kPt	11.8	11	0.618	0.162	0.0343	0.00485
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory organics	kPt	6.3	0.0898	6.21	0.00063	9.12E-5	1.02E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory inorganics	kPt	40.7	28.5	0.845	11.2	0.155	0.00773
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	kPt	4.92	4.37	0.267	0.243	0.0356	0.00502
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiation	kPt	0.00637	0.00384	0.00176	0.000488	0.000246	3.6E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer	kPt	0.00109	0.000855	0.000126	9.04E-5	1.78E-5	2.07E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecotoxicity	kPt	0.203	0.134	0.0431	0.0201	0.00441	0.000827
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification/ Eutrophication	kPt	2.47	2.12	0.0251	0.322	0.00331	0.000492
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	kPt	0.213	0.0467	0.0245	0.105	0.0341	0.00247
<input checked="" type="checkbox"/>	Minerals	kPt	0.0343	0.0161	0.0143	0.00299	0.000737	0.000142
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil fuels	kPt	39.5	36.6	1.86	0.863	0.153	0.0192

**Gambar 4.30** Output *Weighting* Alternatif 2 (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.29 dan 4.30, maka dapat ditunjukkan total dampak pada seluruh proses adalah sebesar 106 kPt dengan dampak terbesar pada proses extruder sebesar 82.8 kPt. Dampak kategori terbesar adalah *respiratory inorganic*, *fossil fuels*, dan *carcinogens*. Sedangkan total dampak pada seluruh proses terbesar yaitu *respiratory inorganic* sebesar 40.7 kPt dengan kontribusi terbesar dari proses extruder.



**Gambar 4.31** *Process Contribution* Alternatif 2 (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.31, bahan baku yang memiliki kontribusi terbesar terhadap lingkungan pada proses extruder adalah *polyethylene low density* (PE-LLD). Hal ini dikarenakan material tersebut digunakan dengan prosentase paling besar dibandingkan dengan penggunaan material yang lain.

### 5.7.3 Perubahan komposisi material dan penataan WIP (*blank middle roll* dan *printed middle roll*)

#### a. Perubahan komposisi material

Perubahan komposisi material yaitu menurunkan komposisi material PE-LLD dan menaikkan komposisi material LLDPE. Komposisi material yaitu 59% masterbatch, 35% LLDPE, 5.3% LDPE, dan 0.7 % additive. Perbaikan sistem tersebut akan dilihat dari 5 aspek yaitu sebagai berikut.

##### 1. Kualitas

**Tabel 4.34** Kualitas Produk Alternatif Perbaikan 3

	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D
Grand Total	4973	5	1066	175
Percentage	79.96%	0.08%	17.14%	2.81%

(Sumber: Data Perusahaan)

Berdasarkan Tabel 4.35 secara kualitas, maka prosentase *pass roll* adalah 80.05%, *hold roll* adalah 17.14%, dan *reject roll* adalah 2.81 %.

##### 2. Tingkat persediaan

**Tabel 4.35** Jumlah Persediaan Alternatif Perbaikan 3

No.	Blank Middle Roll (Kg)	Printed Middle Roll (Kg)	Hold Roll (Kg)	Jumlah WIP (kg)	Finished Good (kg)
1	35595.13	6038.43	45423.56	114882	13739
2	35112.77	6546.61	43682.18	122328	12507
3	30483.03	10777.21	42220.64	114567	12110
4	31044.33	11102.51	42366.77	123573	12269
5	31884.24	7744.1	40661.45	118135	12739
6	31568.34	5041.07	40077.67	112523	12700
7	36926.03	4878.58	37480.49	113058	13501
8	39572.68	2163.02	38487.38	118229	11824
9	43543.48	879.77	38308.47	116509	12184
10	51013.35	1987.8	39361.35	113284	12090
11	55245.29	1952.57	38827.65	118572	10298
12	63035.55	2144.29	38584.76	106444	13761
13	68372.72	2111.09	39549.93	110256	11939
14	75257.79	1044.36	39665.78	115355	10688
15	77316.71	1142.11	40750.84	118659	11572
Rata-Rata	47064.76	4370.23	40363.26	115758.27	12261.40

(Sumber: Data Perusahaan)



Berdasarkan Tabel 4.36, maka rata-rata *blank middle roll* adalah 47064.76 kg, *printed middle roll* adalah 4370.23 kg, *hold roll* adalah 40363.26 kg, dan FG adalah 12261.40 kg.

### 3. Efisiensi

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{ouput}}{\text{input}}$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{156057.34}{182084.29}$$

$$\text{Efisiensi} = 85.70 \%$$

Efisiensi sistem saat menerapkan alternatif perbaikan 1 adalah 85.70 %.

### 4. Biaya

Total biaya pembelian material menggunakan alternatif perbaikan 3 yang ditunjukkan oleh Tabel 4.37 adalah \$ 330583.32.

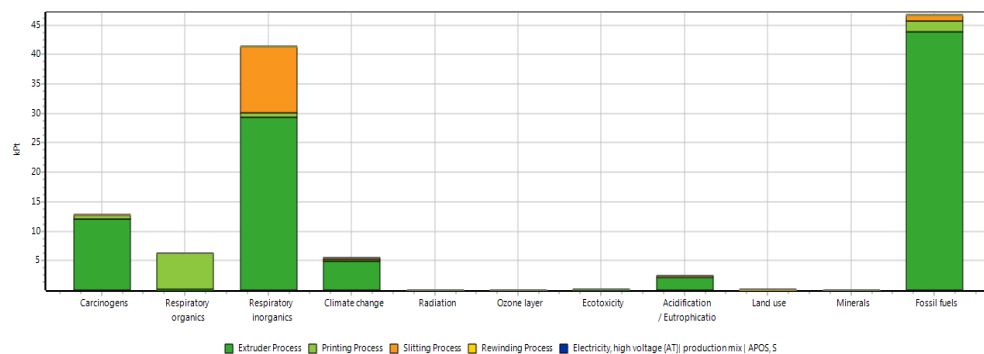
**Tabel 4.36** Biaya Pembelian Material Alternatif Perbaikan 2

No.	Material	Jumlah (kg)	Harga/kg (\$)	Harga (\$)
1	Masterbatch	151832.95	1.12	170052.90
2	LLDPE	89821.08	1.45	130240.57
3	LDPE	13919.68	1.53	21297.10
4	Additive	1650.05	5.45	8992.7
5	Recycle		0.43	
Total				330583.32

(Sumber: Data Perusahaan)

### 5. Dampak lingkungan

Penerapan perubahan komposisi material proses produksi *backsheets* *diapers* dapat diketahui dampak lingkungan melalui output *weighting* dari software Simapro yaitu sebagai berikut.

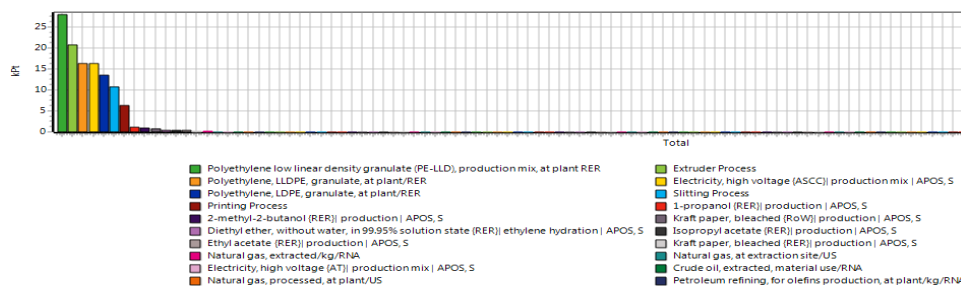


**Gambar 4.33** Grafik *Weighting* Alternatif 3 (Simapro 8.5.2)

Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
	Total	kPt	116	92.7	9.91	12.9	0.421	0.0407
	Carcinogens	kPt	12.9	12	0.618	0.162	0.0343	0.00485
	Respiratory organics	kPt	6.31	0.0951	6.21	0.00063	9.12E-5	1.02E-5
	Respiratory inorganics	kPt	41.5	29.3	0.845	11.2	0.155	0.00773
	Climate change	kPt	5.51	4.96	0.267	0.243	0.0356	0.00502
	Radiation	kPt	0.00841	0.00588	0.00176	0.000488	0.000246	3.6E-5
	Ozone layer	kPt	0.00117	0.000935	0.000126	9.04E-5	1.78E-5	2.07E-6
	Ecotoxicity	kPt	0.224	0.155	0.0431	0.0201	0.00441	0.000827
	Acidification/ Eutrophication	kPt	2.51	2.16	0.0251	0.322	0.00331	0.000492
	Land use	kPt	0.213	0.0467	0.0245	0.105	0.0341	0.00247
	Minerals	kPt	0.0349	0.0167	0.0143	0.00299	0.000737	0.000142
	Fossil fuels	kPt	46.8	43.9	1.86	0.863	0.153	0.0192

**Gambar 4.34** Output *Weighting* Alternatif 3 (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.33 dan 4.34, maka dapat ditunjukkan total dampak pada seluruh proses adalah sebesar 116 kPt dengan dampak terbesar pada proses extruder sebesar 92.7 kPt. Dampak kategori terbesar adalah , *fossil fuels*, *respiratory inorganic*, dan *carcinogens*. Sedangkan total dampak pada seluruh proses terbesar yaitu *fossil fuels* sebesar 46.8 kPt dengan kontribusi terbesar dari proses extruder.



**Gambar 4.35** *Process Contribution* Alternatif 3 (Simapro 8.5.2)

Berdasarkan Gambar 4.35, bahan baku yang memiliki kontribusi terbesar terhadap lingkungan pada proses extruder adalah *polyethylene low density* (PE-LLD). Hal ini dikarenakan material tersebut digunakan dengan prosentase paling besar dibandingkan dengan penggunaan material yang lain.

#### b. Penataan WIP (*blank middle roll* dan *printed middle roll*)

Pada saat adanya *improvement* penggantian komposisi material, maka departemen PPIC mengajukan kaizen penataan ulang WIP (*blank middle roll* dan *printed middle roll*) dimana ditunjukkan pada Lampiran 8.

Dengan adanya perubahan penataan WIP, maka kegiatan transportasi pada proses produksi *backsheet diapers* menjadi lebih mudah dan cepat. Keuntungan hal tersebut adalah mempersingkat waktu proses *extruder* dan printing dan merupakan salah satu cara untuk mengurangi aktivitas *Non*

*Value Added*. Tabel 4.34 menunjukkan perubahan waktu pada proses produksi *backsheet diapers*.

**Tabel 4.37** Perbaikan Waktu Standar Proses Produksi

No.	Aktivitas	Waktu Rata-Rata	Performance Rating	Waktu Normal	Allowance	Waktu Standar
1	Proses extruder	60.41	1.19	71.89	29	101.25
2	Proses printing	57.01	1.05	59.86	29	84.31
3	Proses slitting	85.47	1.16	99.15	16	118.03
4	Proses reworking	64.56	1.05	67.79	16	80.70

#### 4.8 Analisis Alternatif Perbaikan Sistem

Berdasarkan hasil pemaparan 3 alternatif perbaikan proses produksi *backsheet diapers*, maka dapat dilihat rangkuman alternatif perbaikan pada Tabel 4.38.

**Tabel 4.38** Rangkuman Alternatif Perbaikan

Alteratif Perbaikan		Sebelum Perbaikan	1	2	3
Prosentase	Pass (%)	77.6	76.86	63.48	80.05
	Hold&Reject (%)	22.4	23.14	36.52	19.95
Biaya Pembelian Material (\$)		222278.68	213330.85	207888.01	234291.77
Dampak Lingkungan (Output Weighting) (kPt)		115	115	106	116
Aspek Dampak Lingkungan Terbesar					
Fossil Fuels (kPt)		46.5	43.3	39.5	46.8
Respiratory Inorganic (kPt)		42.1	43.8	40.7	41.5
Carcinogens (kPt)		11.8	13.1	11.8	12.9
Waktu Proses (menit)		444.91	444.91	444.91	384.24
Efisiensi (%)		71.9	76.56	75.82	85.7

#### 4.8.1 Analisis Alternatif Perbaikan 1

Perbandingan keadaan sebelum perbaikan dan alternatif perbaikan 1 ditunjukkan pada Tabel 4.39

**Tabel 4.39** Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Alternatif Perbaikan 1

Alteratif Perbaikan		Sebelum Perbaikan	1
Prosentase	Pass (%)	77.6	76.86
	Hold&Reject (%)	22.4	23.14
Biaya Pembelian Material (\$)		222278.68	213330.85
Dampak Lingkungan (Output Weighting) (kPt)		115	115
Aspek Dampak Lingkungan Terbesar			
Fossil Fuels (kPt)		46.5	43.3
Respiratory Inorganic (kPt)		42.1	43.8
Carcinogens (kPt)		11.8	13.1
Waktu Proses (menit)		444.91	444.91
Efisiensi (%)		71.9	76.56

Kualitas hasil penerapan alternatif perbaikan pertama adalah *hold* dan *reject roll* naik 0.74 % dan *pass roll* turun 0.74 % karena penggunaan *recycle* dari *extruder* sebesar 10.18 % (target 10%). *Recycle* tersebut berasal dari gulungan *trimming extruder machine* yang kemudian dimasukkan ke mesin *crusher* dan toyo seiki untuk mengubah bentuk *recycle* menjadi *chip* (seperti butiran *raw material*) dan disimpan di *raw material warehouse*. Turunnya kualitas produksi dikarenakan hal-hal sebagai berikut.

- Recycle* yang dipakai semakin meningkat dan hal tersebut dilakukan untuk mengurangi jumlah waste yang dibuang/dijual kembali.
- Recycle* yang dipakai tidak disimpan dengan secara 5S/kondisi *recycle* sebelum masuk ke mesin *crusher* tidak diwrapping sehingga debu-debu disekitar mesin *extruder* menempel di *recycle* dan terjadilah kontaminasi *recycle*.

Ditinjau dari biaya pembelian material, penghematan penerapan alternatif perbaikan pertama dikarenakan adanya penggunaan *recycle* sebesar 10.18% dimana penggunaan material PE-LLD dan LLPDE berkurang sekitar 10.18% dan jika dihitung harga *recycle* tersebut hanya 0.38 dari harga material PE-LLD dan

0.30 dari harga material LLDPE sehingga penghematannya sebesar \$ 8.947,84 atau Rp 123.480.19.

Dampak lingkungan pada alternatif perbaikan 1 lebih kecil dari kondisi sebelum perbaikan. *Output weighting* dari *software* Simapro adalah 115 kPt dimana dimana kategori dampak terbesar adalah *respiratory inorganic* dimana dampak tersebut berasal dari proses produksi *backsheet diapers* menghasilkan output yang mengandung emisi debu, sulfur dan nitrogen oksida ke udara. Sedangkan kategori dampak terbesar kedua adalah *fossil fuels* yaitu sebesar 43.3 kPt. Dampak dari *fossil fuels* turun 3.2 kPt dari proses produksi sebelum perbaikan dan hal ini terjadi karena penggunaan *recycle* sebesar 10.18%. Sedangkan kategori dampak terbesar ketiga adalah *carcinogens* sebesar 13.1 kPt dimana naik 1.3 kPt dari kondisi sebelum perbaikan dan kenaikan tersebut dikarenakan emisi zat karsinogenik ke udara, air dan tanah dimana menimbulkan gangguan kesehatan pada orang-orang yang ada di tempat tersebut.

#### 4.8.2 Analisis Alternatif Perbaikan 2

Perbandingan keadaan sebelum perbaikan dan alternatif perbaikan 2 ditunjukkan pada Tabel 4.40.

**Tabel 4.40** Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Alternatif Perbaikan 2

Alteratif Perbaikan		Sebelum Perbaikan	2
Prosentase	Pass (%)	77.6	63.48
	Hold&Reject (%)	22.4	36.52
Biaya Pembelian Material (\$)		222278.68	207888.01
Dampak Lingkungan (Output Weighting) (kPt)		115	106
Aspek Dampak Lingkungan Terbesar			
Fossil Fuels (kPt)		46.5	39.5
Respiratory Inorganic (kPt)		42.1	40.7
Carcinogens (kPt)		11.8	11.8
Waktu Proses (menit)		444.91	444.91
Efisiensi (%)		71.9	75.82

Berdasarkan aspek kualitas, hasil penerapan alternatif perbaikan kedua adalah *hold* dan *reject roll* naik 15.88 % dan *pass roll* turun 14.12 % karena penggunaan *recycle* dari *extruder* sebesar 16.50 % (target 17%). *Recycle* yang

digunakan berasal dari gulungan *trimming extruder machine* dan *trimming* dari proses *slitting*. *Trimming* proses *slitting* sendiri berasal dari pemotongan *trimming* beberapa produk yang sebelumnya dibuang/dijual kembali. Turunnya kualitas produksi dikarenakan hal-hal sebagai berikut.

- a. *Recycle* yang dipakai semakin meningkat dan hal tersebut dilakukan untuk mengurangi jumlah *waste* yang dibuang/dijual kembali.
- b. *Recycle* yang dipakai dari proses *slitting* tidak dibedakan antara dua jenis material LLDPE dimana prosentase kalsium nya berbeda.

Berdasarkan biaya pembelian material, penghematan penerapan alternatif perbaikan pertama dikarenakan adanya penggunaan *recycle* sebesar 16.50% dimana penggunaan material PE-LLD dan LLPDE berkurang sekitar 16.50% dan sehingga penghematannya sebesar \$ 14390.68 atau Rp 198.591.384,00.

. Dampak lingkungan pada alternatif perbaikan 2 lebih kecil dari kondisi sebelum perbaikan. *Output weighting* dari *software* Simapro adalah 106 kPt dimana kategori dampak terbesar adalah *respiratory inorganic* Hal ini terjadi karena proses produksi menghasilkan output yang mengandung emisi debu, sulfur dan nitrogen oksida ke udara. Sedangkan kategori dampak terbesar kedua adalah *fossil fuels* yaitu sebesar 40.7 kPt. Dampak dari *fossil fuels* turun 7 kPt dari kondisi sebelum perbaikan dan hal ini terjadi karena penggunaan *recycle* yang semakin besar. Sedangkan kategori dampak terbesar ketiga adalah *carcinogens* sebesar 11.8 kPt dimana sama dengan kondisi sebelum perbaikan.

#### 4.8.3 Analisis Alternatif Perbaikan 3

Perbandingan keadaan sebelum perbaikan dan alternatif perbaikan 3 ditunjukkan pada Tabel 4.41.

Dilihat dari kualitas hasil penerapan alternatif perbaikan ketiga adalah *hold* dan *reject roll* turun 2.45 % dan *pass roll* naik 2.9 % karena perubahan komposisi material yaitu menaikkan komposisi material LLDPE dan tidak menggunakan *recycle* dengan tujuan memperbaiki kualitas produk.

Dilihat dari biaya pembelian material, kenaikan biaya pembelian material dikarenakan naiknya komposisi material LDPE yang mengandung kalsium sehingga kenaikan sebesar \$ 12013,08 atau Rp 165.780.504.

**Tabel 4.41** Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Alternatif Perbaikan 3

Alteratif Perbaikan		Sebelum Perbaikan	3
Prosentase	Pass (%)	77.6	80.05
	Hold&Reject (%)	22.4	19.95
Biaya Pembelian Material (\$)		222278.68	234291.77
Dampak Lingkungan (Output Weighting) (kPt)		115	116
Aspek Dampak Lingkungan Terbesar			
Fossil Fuels (kPt)		46.5	46.8
Respiratory Inorganic (kPt)		42.1	41.5
Carcinogens (kPt)		11.8	12.9
Waktu Proses (menit)		444.91	384.24
Efisiensi (%)		71.9	85.7

Dampak lingkungan pada alternatif perbaikan 3 lebih besar 1 kPt dari kondisi sebelum perbaikan dikarenakan kenaikan penggunaan LLDPE. *Output weighting* dari *software* Simapro adalah 116 kPt dimana dimana kategori dampak terbesar adalah *fossil fuels* sebesar 46.8. Dampak dari *fossil fuels* naik 0.3 kPt dari proses produksi sebelum perbaikan dan hal ini terjadi karena kenaikan komposisi material LLDPE dengan target 35%. Sedangkan kategori dampak terbesar kedua *respiratory inorganic* adalah yaitu sebesar 41.5 kPt. Hal ini terjadi karena proses produksi menghasilkan output yang mengandung emisi debu, sulfur dan nitrogen oksida ke udara.. Sedangkan kategori dampak terbesar ketiga adalah *carcinogens* sebesar 12.9 kPt dimana naik 1.1 kPt.

#### 4.9 Pemilihan Alternatif

Pemilihan alternatif perbaikan diurutkan prioritasnya berdasarkan segi kualitas, biaya, dampak lingkungan, waktu proses, dan efisiensi sistem ditunjukkan oleh 4.42.

**Tabel 4.41** Prioritas Alternatif Perbaikan

Alternatif Perbaikan	1	2	3
Kualitas Produksi	2	3	1
Biaya Pembelian Material	2	1	3
Dampak Lingkungan	2	1	3
Waktu Proses	2	2	1
Efisiensi	2	3	1

Ditinjau dari segi kualitas, maka alternatif perbaikan yang ketiga yang dipilih karena adanya kenaikan komposisi LLDPE sehingga produk tidak mudah sobek dan kekuatan tarik menjadi besar. Ditinjau dari segi biaya, maka alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif perbaikan kedua karena pemakaian recycle sebesar 16.50% sehingga biaya pembelian material semakin kecil. Ditinjau dari segi dampak lingkungan, maka alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif perbaikan 2 karena nilai setiap dampak kategori terbesar paling kecil daripada alternatif perbaikan yang lainnya.

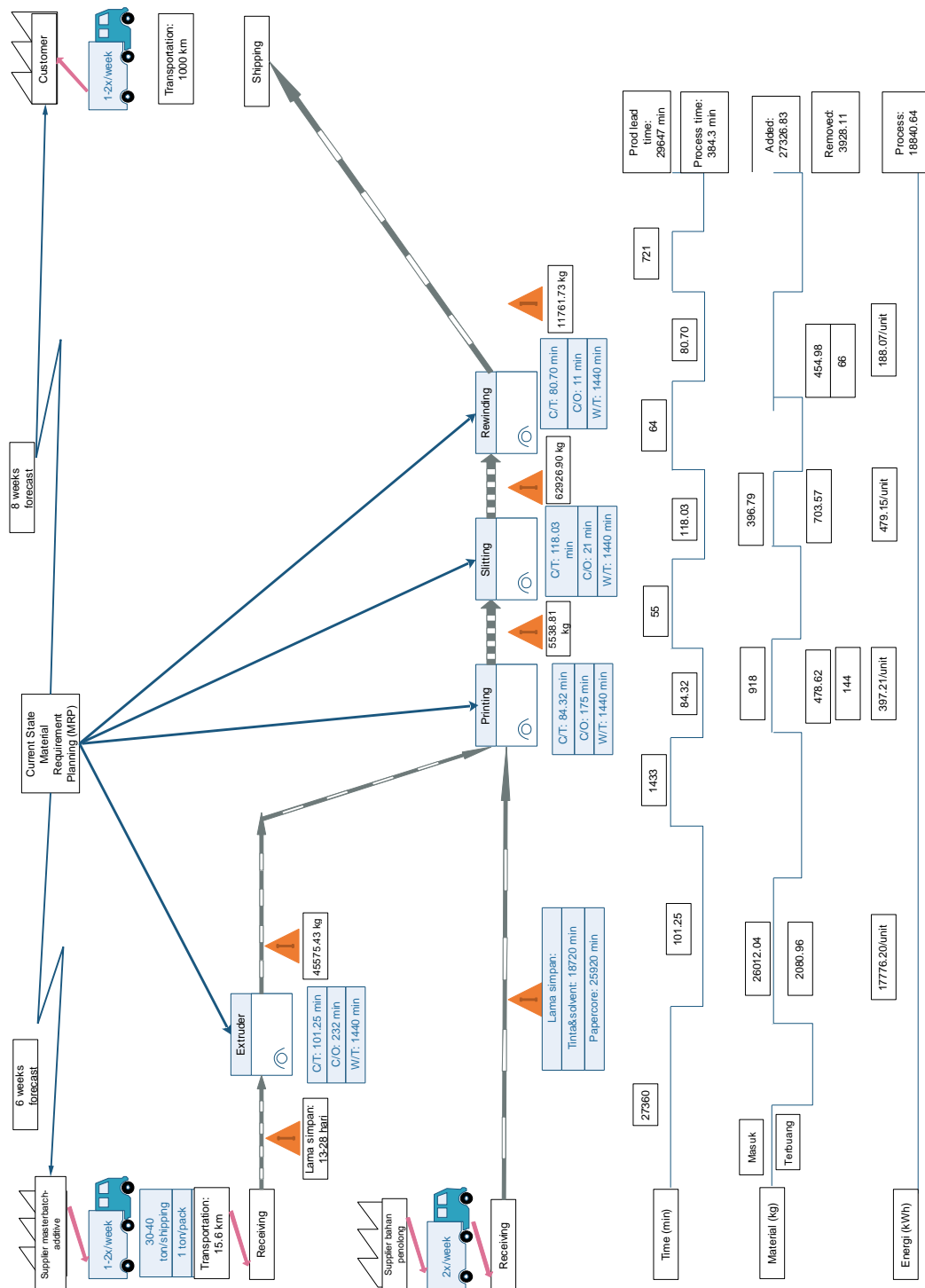
Ditinjau dari segi waktu proses produksi, alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif perbaikan 3 dengan adanya penataan ulang denah WIP sehingga dapat mengurangi aktivitas *Non Value Added* dan proses produksi menjadi lebih efektif dan efisien. Ditinjau dari efisiensi sistem, maka alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif perbaikan 3 karena kualitas produk baik dan *waste* yang dibuang menjadi berkurang.

Berdasarkan target perusahaan yang harus dicapai, alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif perbaikan 3 karena ditinjau dari segi kualitas, waktu proses produksi, dan efisiensi sistem merupakan alternatif perbaikan yang paling baik.

#### **4.10 *Future State Value Stream Mapping***

Inpuan dari *future state Value Stream Mapping* adalah hasil dari identifikasi waste dan hasil alternatif perbaikan yang dipilih dan ditunjukkan pada Gambar 4.36.





**Gambar 4.36** Future State Value Stream Mapping Backsheet Diapers

Berdasarkan Gambar 4.36, maka perbaikan sistem dari *Current State Value Stream Mapping* ke *Future State Value Stream Mapping* adalah sebagai berikut.

- a. *Waste* produksi, cacat produk, dan efisiensi sistem dapat dikurangi dengan menerapkan alternatif perbaikan 3.
- b. Pengaturan letak dan penggunaan *work in process* diperbaiki dengan menerapkan alternatif perbaikan 3 sehingga waktu proses produksi lebih cepat.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan pada penelitian ini, kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- d. Identifikasi waste kritis dilakukan dengan *Borda Count Method*. Waste kritis pada proses *extruder* adalah *defect* dan *excessive transportation*, waste kritis pada proses *printing* adalah *defect* dan *waiting*, waste kritis pada proses *slitting* adalah *defect* dan *waiting*, waste kritis pada proses *rewinding* adalah *defect* dan *unnecessary inventory*.
- e. Hasil perhitungan dampak lingkungan dari *backsheet diapers* dengan metode *Life Cycle Assessment* dimana hasil dari output menggunakan *software* Simapro adalah proses *extruder* yang menunjukkan dampak lingkungan yang besar pada *life cycle* produk dengan nilai  $9.2 \times 10^4$  Pt dimana dikarenakan penggunaan material *polyethylene low density granulate* (PE-LLD) dengan prosentase tertinggi dibandingkan material lain. Hasil dari *output weighting* dengan *software* Simapro adalah total dampak pada seluruh proses adalah sebesar 115 kPt dengan dampak terbesar pada proses *extruder* sebesar 92 kPt. Dampak kategori terbesar adalah *fossil fuels*, *respiratory inorganic*, dan *carcinogens*. Dampak kategori *fossil fuels* disebabkan oleh penggunaan listrik dengan voltase tinggi dimana listrik yang dipakai berasal dari listrik negara dimana bahan bakunya adalah batubara. Dampak kategori terbesar kedua adalah *respiratory inorganic* dimana hal ini terjadi karena pada proses produksi menghasilkan output yang mengandung emisi debu, sulfur dan nitrogen oksida ke udara. Dampak kategori terbesar ketiga adalah *carcinogens* dimana hal ini terjadi karena emisi zat karsinogenik ke udara, air dan tanah dimana menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia.
- f. Usulan 3 alternatif perbaikan yang dijelaskan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.
  1. Penggunaan *recycle* yang berasal dari *waste extruder* sebesar 10.18%

2. Penggunaan *recycle* yang berasal dari *waste* extruder sebesar 16.50%
3. Perubahan komposisi material dan penataan ulang WIP (*blank middle roll* dan *printed middle roll*).

Berdasarkan target perusahaan yang harus dicapai, alternatif perbaikan yang dipilih adalah alternatif perbaikan 3 karena ditinjau dari segi kualitas, waktu proses produksi, dan efisiensi sistem merupakan alternatif perbaikan yang paling baik.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan kualitas penelitian pada bidang ini adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan *research-research* untuk menghasilkan alternatif-alternatif perbaikan baru untuk menghasilkan proses produksi *backsheet diapers* yang memiliki kualitas lebih baik, minimasi biaya, waktu proses yang efektif dan efisien, dan dampak lingkungan yang minimal.
2. Lebih mengembangkan *tools-tools* yang ada di software SimaPro untuk menyelesaikan permasalahan pengukuran dampak lingkungan.
3. Mempertimbangkan pemilihan prioritas alternatif perbaikan dengan pembobotan sehingga menghasilkan satu alternative perbaikan yang dipilih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Wahab, A.N., Mukhtar, M., Sulaiman, R. (2013). A conceptual model of lean manufacturing dimensions. *Procedia Technology*. 11, 1292-1298.
- Antti Salonen, (2008). Presentation of OEE, TPM and RCM, KPP202, Malardalen University.
- Caldera, H.T.S., C. Desha, L. Dawes., 2017. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review: *Journal of Cleaner Production* 167, 1546-1565.
- Carvalho, H., S. Duarte and V. Cruz-Machado. (2011), "Lean, agile, resilient and green: divergencies and synergies", *The International Journal of Lean Six Sigma*, Vol.2, No.2, pp. 151-179.
- Cheung, W.M., Pachisia, V., 2015. Facilitating waste paper recycling and repurposing via cost modelling of machine failure, labour availability and waste quantity. *Resour. Conserv. Recycl.* 101, 34-41.
- Curran, M. A., 2006. *Life Cycle Assessment: Principles and Practice*.
- Dennis, P. *Lean Production Simplified*. Productivity Press, New York, 2002
- Environmental Protection Agency (2007). *The Lean and Chemicals Toolkit*, <http://www.epa.gov/lean/chemicalstoolkit/ch4.htm#point>
- Environmental Protection Agency (2009), "The Environmental Professional's Guide to Lean & Six Sigma", available at <http://www.epa.gov/lean/>
- Environmental Protection Agency (2011). *The U.S. Environmental Protection Agency's Design for the Environment Program: Partnerships for a Cleaner Future*. <http://www.epa.gov/dfe/pubs/tools/DfEBrochure.pdf>
- Environmental Protection Agency 2011. *Design for the Environment Projects*. March 4. <http://www.epa.gov/dfe/pubs/tools/dfefactsheet/dfefacts8-02.pdf>
- Forrester, P.L., Shimizu, U.K., Soriano-Meier H., Garza-Reyes, J.A., Cruz Basso, L.F. (2010). Lean production, market share and value creation in the agricultural machinery sector in Brazil. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 21 (7), 853–871.

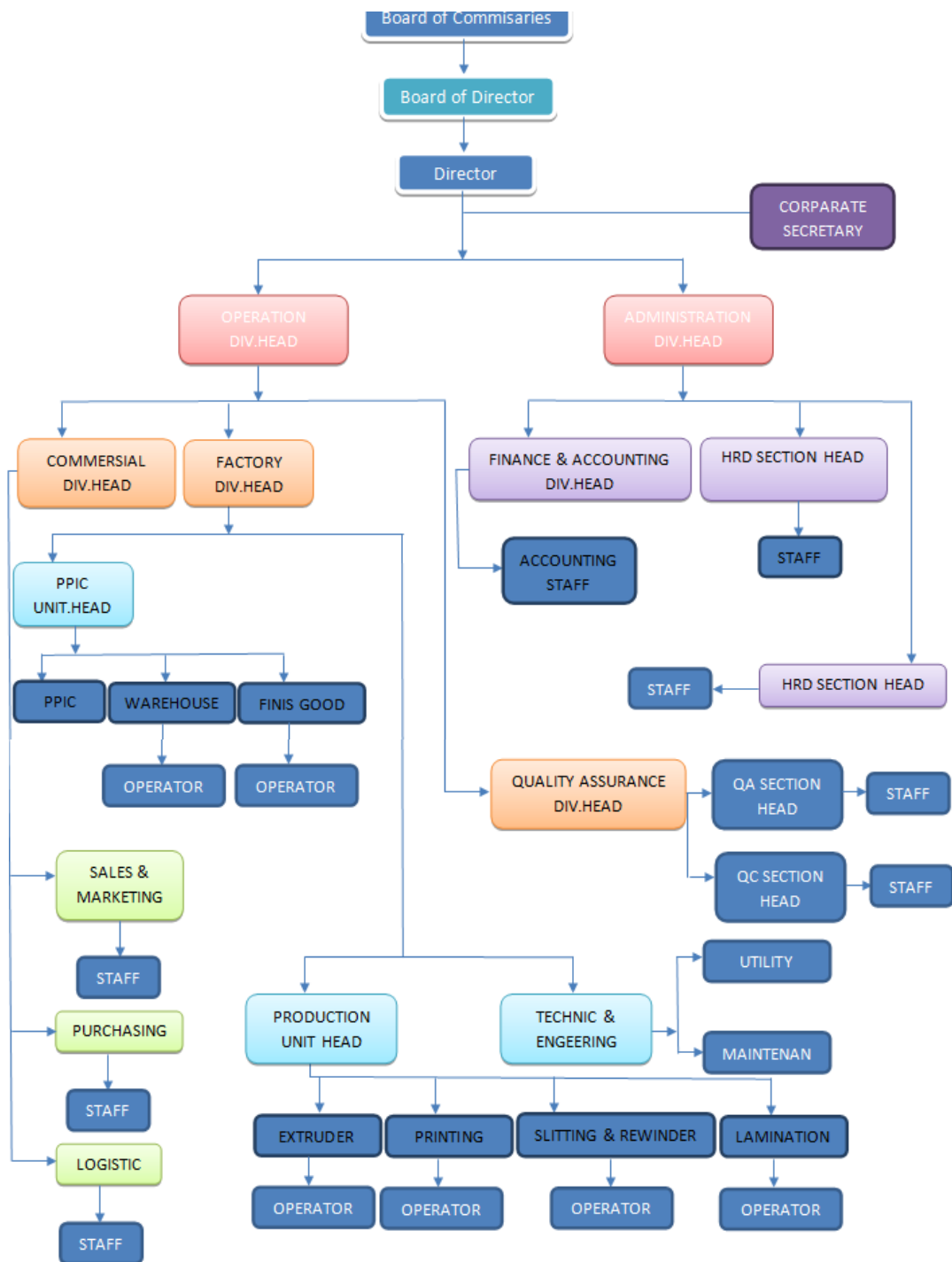
- Gallimore, A., Cheung, W.M., 2016. Effects of environmental impact based on alternative materials and process selection in automotive component design. *J. Ind. Prod. Eng.* 33 (5), 321-338.
- Goriwondo, William M., Samson Mhlanga, and Alphonse Marecha. (2011), "Use of The Value Stream Mapping Tool for Waste Reduction in Manufacturing (Case Study for Bread Manufacturing in Zimbabwe)", *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Hartini, S., Ciptomulyono, U. 2015, "The relationship between lean and sustainable manufacturing on performance: literature review", *Industrial Engineering and Service Science 2015, IESS 2015*.
- Hermawan., Marzuki, F. P., Abduh, M. & Driejana, R. (2013). Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada Material Konstruksi Dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbondioksida.
- Herron, C., Hicks, C., 2008. The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents. *Robot. Comput Integr, Manuf.* 24, 524-531.
- Hines, P., and D. Taylor. (2000), *Going Lean*, Lean Enterprise Research Center, Cardiff Business School.
- Hines, P., Holweg, M., Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management.* 24 (10), 994–1011.
- International Organization for Standardization (ISO). (1997). ISO 14042. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment.
- International Organization for Standardization (ISO) (2011). Environmental Management: The ISO 14000 family of International Standards..
- Kautzar, dkk. (2015). "Analisis Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANP", Skripsi, Universitas Brawijaya.

- Kumar, Ravi, Sridhar Reddy, Environmental life cycle assessment of Barytes mineral pulverizing industry: Case study from YSR Kadapa district, Andhra Pradesh. *International Journal of Environmental Sciences Volume 3*, No 1, 2012. Pp 727-734
- Liker, J.K. The Toyota Way, McGraw-Hill Professional, 2004
- Mc. Williams, Douglas L and Edem G. Tetteh. (2008), "Value-Stream Mapping to Improve Productivity in Transmission Case Machining", Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference J. Fowler and S. Mason. Eds.
- Megayanti, dkk. (2018), "Life Cycle Value Stream Mapping (Lc-Vsm): Kajian Awal Applicability Penerapan LC-VSM", Tesis, Insititut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shahbazi, S., Wiktorsson, M., Kurdve, M., J onsson, C., Bj lkemyr, M., 2016. Material efficiency in manufacturing: Swedish evidence on potential, barriers and strategies. *J. Clean. Prod.* 127, 438-450.
- Tilak, Minakshi, Eileen Van Aken, Tom McDonald, and Kannan Ravi, "Value Stream Mapping: A Review and Comparative Analysis of Recent Applications".
- Wang, Haiyan., Mesut Bora Sezen (2011), Lean and Green Product Development
- Womack, J.P., Jones, D.T., 2010. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon and Schuster.





## LAMPIRAN 1 STRUKTUR ORGANISASI PT. XYZ



### Jobdesk tiap Jabatan

1. Tugas *Board of Commisaris* adalah sebagai berikut.

1. Melakukan pengawasan terhadap pengurusan perusahaan yang dilakukan oleh Direksi serta memberikan nasehat berkenaan dengan kebijakan Direksi dalam menjalankan perusahaan.
2. Mendorong terlaksanakannya Implementasi *Good Government*.
  2. Tugas *Board of Director* adalah sebagai berikut
    1. Melaporkan kepada perusahaan mengenai saham yang dimiliki anggota *Director*.
    2. Memimpin seluruh dewan/Komite Eksekutif dalam perusahaan serta membuat laporan tahunan dan document perusahaan.
    3. Tugas *Director* adalah sebagai berikut.
      1. Bertanggung jawab dalam pencapaian target perusahaan dan tujuan lain yang berhubungan dengan visi dan misi perusahaan.
      2. Menjaga stabilitas keseluruhan operasional perusahaan.
      3. Membangun dan mengimplementasikan operasional perusahaan.
      4. Memelihara hubungan baik dengan customer dan membangun hubungan bisnis yang baik di internal maupun eksternal perusahaan.
    4. Tugas *Administration Division Head* : bertanggung jawab terhadap

*Finance, Human*

*Resource, dan General Affair.*

- a. Tugas *Finance dan Accounting Staff* adalah sebagai berikut
  1. Merencanakan dan meramalkan berbagai aspek, terutama perencanaan umum keuangan perusahaan.
  2. Mengambil keputusan penting seperti, investasi, pembelanjaan, deviden, anggaran perusahaan, memperdagangkan surat berharga perusahaan dan berbagai pembiayaan lainnya.
  3. Sebagai penghubung antara perusahaan dan pasar keuangan sehingga bisa mendapatkan dana.
  4. Merencanakan, mengatur dan mengontrol perusahaan dan pengembangan sistem prosedur keuangan perusahaan.
- b. Tugas *Human Resource* adalah sebagai berikut
  1. Melakukan control terhadap SDM. Seperti mengendalikan absensi, bertanggung jawab dalam rekrutmen (seleksi) karyawan, menjaga komunikasi dengan karyawan melalui pertemuan yang diadakan dengan serikat kerja, menampung keluhan kesah karyawan yang selanjutnya disampaikan ke *management* yang bersangkutan.
  2. Mereview peraturan perusahaan, mengevaluasi dan melakukan revisi setelah dilakukan mediasi antara serikat *management* dan pekerja.
  3. Membuat *SPO jobs desk training dandevlopment system*, melakukan seleksi, promosi pada karyawan yang dianggap baik.

4. Bertanggung jawab dalam perhitungan gaji, tunjangan dan bonus, membuat kontrak kerja serta berlakukanya kontrak kerja, dan melakukan tindakan pendisiplinan semua karyawan.
- c. Tugas GA adalah sebagai berikut
1. Sebagai *supporting* semua unit, dan bertujuan untuk member pelayanan untuk unit kerja lainnya.
  2. Pengurusan kendaraan perusahaan dan fasilitas full, pengurusan berbagai perizinan, kehumasan, operasional, tenaga kerja asing, *cleaning service*, penanganan limbah, penanganan listrik& air, kantin, ATK, operator telepon, jaminan pension&hari tua serta keluar masuk tamu.
  3. Pemelihara kesehatan, *safety* dan pelaksanaan K3.
  4. Penanganan tamu penting (VVIP, VIP, instansi, pemerintahan, auditor perusahaan dan demonstran)
  5. Operation Division Head : membawahi *Quality Assurance Departement, Factory Departement, dan Commercial Departement.*
- a. *Factory Departement Head* bertugas melakukan perencanaan, pengawasan dan pengendalian terhadap divisi PPIC, Produksi, Teknik&*Engineering*.
1. Tugas *production unit head* adalah sebagai berikut:
    - a. Membuat perencanaan dan jadwal proses produksi sesuai dengan *job order* dari PPIC
    - b. Mengawasi proses produksi agar kualitas, kuantitas dan waktu sesuai perencanaan yang sudah dibuat.
    - c. Mengatur persediaan bahan baku di area produksi agar tidak terjadi penumpukan atau pun kekurangan.
    - d. Membuat laporan secara berkala dimasing-masing *section head*. Serta bertanggung jawab pada peningkatan keterampilan dan keahlian karyawan yang dibawah tanggung jawabnya.
  2. Tugas *tehnic & engineering unit head* adalah sebagai berikut
    - a. Mengawasi jalannya kegiatan maintenance, mesin produksi agar tidak terjadi mesin berhenti.
    - b. Membuat perencanaan jadwal setiap mesin dan membuat laporan mengenai kondisi mesin/alat kerjanya.
    - c. Melakukan *trouble shooting* jika ada permasalahan di mesin produksi.
    - d. Melakukan pemesanan *sparepart* sesuai dengan kondisi *minimum stock*.
  3. Tugas *quality assurance unit head* adalah sebagai berikut

- a. Memastikan konsistensi kualitas produk dan menerapkan system *Good Automatic Manufacturing*.
  - b. Mencapai sasaran target kualitas yang diinginkan customer.
  - c. Mengatur tim QA dan QC dengan melakukan pembimbingan dan pengarahan disiplin karyawan.
  - d. Memvalidasi setiap proses produksi melalui pencatatan proses *capability*
4. Tugas *PPIC unit head* adalah sebagai berikut
    1. Menyediakan pemesanan dari bagian marketing dan menyusun rencana produksi sesuai dengan pesanan marketing.
    2. Membuat jadwal proses produksi sesuai dengan waktu dan jumlah produksi yang tepat sehingga menjadikan waktu pengiriman produk bisa dilakukan secara optimal dan tepat.
    3. Menyusun rencana pengadaan bahan yang didasarkan atas *forecast* dari marketing melalui pemantauan kondisi stock barang yang akan di produksi.
    4. Melakukan *monitoring* pada bagian *inventory* pada proses produksi, penyimpanan digudang maupun yang akan di datangkan pada perusahaan sehingga pada saat produksi yang membutuhkan bahan dasar bisa berjalan dengan lancar.
6. Tugas *marketing* adalah sebagai berikut
    1. Membuat jadwal pengiriman berdasarkan pemesanan dari customer.
    2. Menginformasikan detail produk pesanan dari customer ke department terkait (PPIC, Produksi, QA)
    3. Menerima laporan *complaint* customer dan menyampaikannya ke department QA, dilanjutkan memberikan respon terhadap complain tersebut.
    4. Melakukan penetrasi pasar diarea yang belum menjadi objek pasar serta menginformasikan terkait perubahan desain ke department terkait.
    5. Membuat laporan penjualan secara berkala.
7. Tugas *purchasing* adalah sebagai berikut
    1. Menerima dan mereview surat permintaan barang dari seluruh bagian, baik harian atau bulanan.
    2. Melakukan pendataan terhadap *supplier* dari segi harga, kesiapan, dan ketetapan pengiriman serta kualitas barang yang mereka tawarkan sebagai data untuk melakukan seleksi *supplier*.

3. Melakukan proses pembelian dari mulai permohonan, penawaran harga, penyiapan kelengkapan administrasi sampai kepada pengontrolan ketepatan pembelian.



## LAMPIRAN 2

### *Data Lead Time Supplier*

No.	Masterbatch	LLDPE	LDPE	Additive	Tinta	Solvent	Papercore	Pallet	Plastic Wrapping	Carton Sheet
1	30	61	57	28	17	18	15	29	16	13
2	30	60	56	26	14	15	17	26	14	14
3	28	62	58	31	16	20	17	30	16	14
4	35	56	60	28	14	15	19	29	16	14
5	30	55	59	35	15	17	15	28	17	14
6	31	57	64	27	14	16	14	28	16	13
7	25	64	60	32	20	19	14	29	15	14
8	30	60	61	32	15	16	19	28	17	14
9	30	58	58	29	15	20	17	28	15	14
10	34	64	58	30	16	16	18	28	17	12
11	26	60	56	29	18	17	16	30	17	13
12	33	65	58	33	18	15	17	25	14	12
13	30	60	64	27	18	14	17	26	15	12
14	34	61	60	28	18	17	19	25	16	12
15	31	62	55	26	19	19	14	26	16	13
16	35	58	63	27	19	14	18	27	14	14
17	27	58	60	29	17	20	15	29	18	14
18	34	63	55	29	20	14	20	30	18	12
19	28	61	60	31	16	17	19	27	18	12
20	27	64	60	25	17	14	15	25	18	14
21	26	57	63	30	17	16	19	27	18	12
22	34	65	59	33	18	15	14	30	15	14
23	31	57	60	28	16	20	19	28	18	14
24	25	55	63	32	15	18	14	27	17	13
25	32	65	59	30	16	16	16	30	15	13
26	32	61	58	31	14	20	18	30	15	12
27	34	61	61	25	20	18	17	27	15	14
28	33	64	57	28	18	15	15	25	14	14
29	27	64	56	35	14	20	16	30	14	13
30	33	65	65	27	19	18	20	30	18	13
Rata-Rata	31	61	59	29	17	17	17	28	16	13





### LAMPIRAN 3

#### Data Waktu Simpan Material

No.	Masterbatch	LLDPE	LDPE	Additive	Tinta	Solvent	Papercore	Pallet	Plastic Wrapping	Carton Sheet
1	18	30	29	19	14	14	15	19	21	24
2	17	28	28	16	13	13	18	20	25	20
3	18	25	27	17	13	14	18	17	25	25
4	15	30	29	16	13	13	16	16	21	25
5	17	26	28	20	12	14	15	20	22	24
6	18	29	29	17	14	14	18	18	22	22
7	15	28	28	15	14	13	20	17	22	25
8	15	29	29	20	12	13	15	15	20	24
9	16	26	30	19	14	12	19	18	24	23
10	17	28	27	15	13	12	16	17	23	30
11	20	28	27	17	14	12	20	18	22	27
12	20	26	30	16	12	12	20	18	24	29
13	18	29	26	16	13	14	16	18	22	21
14	15	30	29	17	14	13	17	16	20	21
15	15	26	29	19	13	14	19	19	20	24
16	16	25	25	16	14	12	16	15	22	26
17	19	25	29	20	12	12	15	18	22	22
18	20	30	28	16	14	12	19	20	22	29
19	16	28	25	15	12	14	16	19	22	29
20	19	25	29	16	12	13	17	16	22	24
21	17	29	29	19	14	14	19	19	25	28
22	19	30	30	16	14	14	20	18	21	26
23	20	26	26	19	14	14	17	20	21	24
24	20	28	27	15	14	12	17	16	23	20
25	19	28	28	16	14	14	18	20	21	27
26	16	29	29	17	13	14	18	17	22	23
27	20	30	27	20	12	12	16	18	23	21
28	17	25	30	19	12	13	16	16	20	29
29	18	29	28	19	13	12	20	17	25	25
30	18	25	29	16	12	12	17	18	20	27
Rata-Rata	18	28	28	17	13	13	17	18	22	25



### LAMPIRAN 3

#### 1. Data Pengamatan *Stopwatch Time Study*

- a. Proses extruder
- b. Proses printing
- c. Proses slitting
- d. Proses rewinding

#### 2. Perhitungan data waktu standar pada proses printing

- a. Uji keseragaman data

Langkah-langkah uji keseragaman data

1. Membagi data dalam sub grup

$$k = 1 + 3.3 \log N$$

$$k = 1 + 3.3 \log 30$$

$$k = 5.8 = 6$$

**Tabel** Pengamatan *Stopwatch Time Study* Pada Proses Printing

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
1	61	64	64	64	61	61
2	60	63	60	62	61	64
3	64	64	61	61	60	61
4	62	61	60	64	63	64
5	61	61	62	63	61	64
6	64	61	62	62	63	61
Jumlah	372	374	369	376	369	375
Rata-rata	62.00	62.33	61.50	62.67	61.50	62.50

Berdasarkan tabel diatas, maka waktu rata-rata satu siklus pada proses printing adalah 62.08 menit.

2. Menghitung standar deviasi data

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (\text{untuk } N < 30)$$

$$\sigma = SD = 8.36$$

3. Menghitung standar deviasi rata-rata subgroup

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = 1.39$$

4. Menentukan batas control atas (BKA) dan bawah (BKB).

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma$$

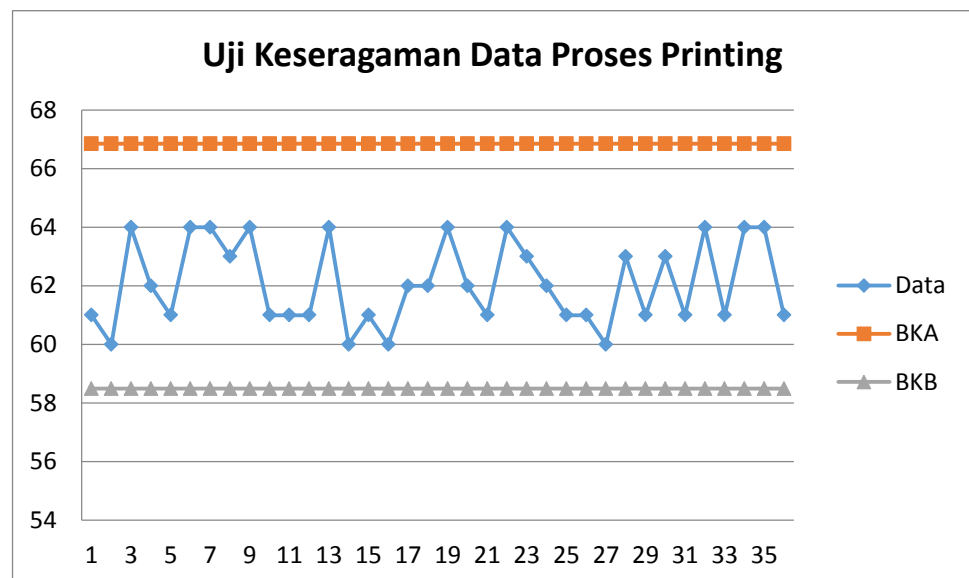
$$BKA = 62.08 + 3(1.39)$$

$$BKA = 66.85$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma$$

$$BKA = 62.08 - 3(1.39)$$

$$BKA = 58.49$$



Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa semua data waktu proses berada didalam batas-batas kendali sehingga dapat disimpulkan data pengamatan proses printing adalah seragam.

b. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data adalah proses pengujian yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diambil untuk penelitian sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku. Berikut perhitungan uji kecukupan data pada proses extruder.

$$N' = \left( \frac{\frac{K}{S} \sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x} \right)$$

$$N' = 14.63 = 15 \text{ pengamatan}$$

Berdasarkan perhitungan, maka  $N' < 50$  dinyatakan data telah cukup.

c. Penentuan *performance rating*

Penentuan *performance rating* menggunakan metode *Westinghouse System's Rating*. Tabel dibawah ini menunjukkan penentuan *performance rating* pada proses printing.

**Tabel** Perhitungan *Performance Rating*

Faktor	Class	Symbol	Rating
Skill	Fair	E1	-0.05
Effort	Excellent	B1	+0,1
Condition	Fair	C	+0,02
Consistency	Fair	E	-0.02
Jumlah			+0,05
<i>Performance Rating</i>			1.05

Hasil dari *performance rating* untuk proses printing adalah 1.05.

d. Penentuan *Allowance*

Penentuan *allowance* dilakukan dengan menggunakan standar ILO. Berikut contoh perhitungan *allowance* pada proses printing ditunjukkan oleh tabel dibawah ini.

**Tabel Perhitungan Allowance**

<i>Constant Allowance</i>	<i>Personal Allowance</i>	5
	<i>Basic Fatigue Allowance</i>	4
<i>'Variable Allowance</i>	<i>Standing Allowance</i>	2
	<i>Abnormal position Allowance</i>	0
	<i>Muscular Energi</i>	4
	<i>Bad Light</i>	0
	<i>Atmospheric Conditions</i>	10
	<i>Near / Close Attention</i>	0
	<i>Noise Level</i>	0
	<i>Mental Strain</i>	1
	<i>Monotony</i>	1
	<i>Tediousness</i>	2
	Jumlah	29

Dari hasil penentuan *allowance* pada proses printing dengan berdasarkan pada kondisi yang ada ditentukan *allowance* sebesar 29%.

e. Perhitungan waktu normal dan waktu baku

Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu normal dan waktu standar pada proses proses printing.

Waktu Normal (Wn)

$W_n = \text{Waktu rata-rata} \times \text{performance Rating}$

$$= 62.68 \times 1.05$$

$$= 65.18 \text{ menit}$$

Waktu Standar (Ws)

$$W_s = \text{waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ allowance}}$$

$$= 65.18 \times 1.15$$

$$= 91.18 \text{ menit}$$

Waktu normal proses proses printing adalah 65.18 menit dan waktu standar nya adalah 91.18 menit.

### 3. Perhitungan data waktu standar pada proses slitting

a. Uji keseragaman data

Langkah-langkah uji keseragaman data

1. Membagi data dalam sub grup

$$k = 1 + 3.3 \log N$$

$$k = 1 + 3.3 \log 30$$

$$k = 5.8 = 6$$

**Tabel Pengamatan *Stopwatch Time Study* Pada Proses Slitting**

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
1	88	87	87	85	84	87
2	83	86	88	83	86	86
3	87	87	86	86	84	84
4	87	84	86	86	86	86
5	85	88	87	88	87	87
6	85	86	87	84	88	84
Jumlah	515	518	521	512	515	514
Rata-rata	85.83333	86.33333333	86.83333	85.33333	85.83333	85.66667

Berdasarkan tabel diatas, maka waktu rata-rata satu siklus pada proses slitting adalah 85.97 menit.

2. Menghitung standar deviasi data

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (\text{untuk } N < 30)$$

$$\sigma = SD = 8.44$$

3. Menghitung standar deviasi rata-rata subgroup

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = 1.41$$

4. Menentukan batas control atas (BKA) dan bawah (BKB).

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma$$

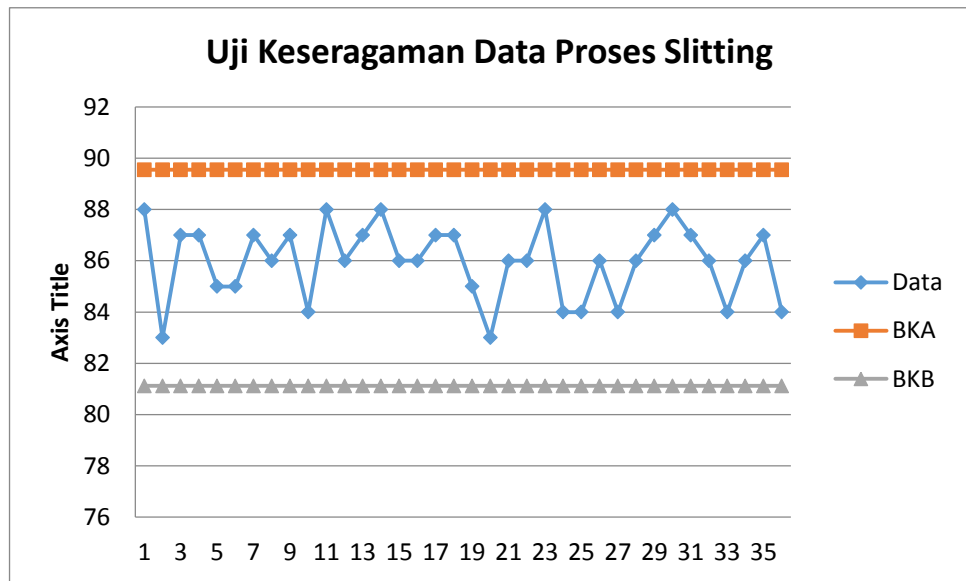
$$BKA = 85.97 + 3 (1.41)$$

$$BKA = 89.55$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma$$

$$BKB = 85.97 - 3 (1.41)$$

$$BKB = 81.12$$



Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa semua data waktu proses berada didalam batas-batas kendali sehingga dapat disimpulkan data pengamatan proses slitting adalah seragam.

b. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data adalah proses pengujian yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diambil untuk penelitian sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku. Berikut perhitungan uji kecukupan data pada proses slitting.

$$N' = \left( \frac{\frac{K}{S} \sqrt{N(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}}{\sum X} \right)$$

$$N' = 14.63 = 15 \text{ pengamatan}$$

Berdasarkan perhitungan, maka  $N' < 50$  dinyatakan data telah cukup.

c. Penentuan *performance rating*

Penentuan *performance rating* menggunakan metode *Westinghouse System's Rating*. Tabel dibawah ini menunjukkan penentuan *performance rating* pada proses slitting.



**Tabel** Perhitungan *Performance Rating*

Faktor	Class	Symbol	Rating
Skill	Good	C1	+0,06
Effort	Excellent	B1	+0,1
Condition	Fair	C	+0,02
Consistency	Fair	E	-0.02
Jumlah			+0.16
<i>Performance Rating</i>			1,16

Hasil dari *performance rating* untuk proses slitting adalah 1.16.

d. Penentuan *Allowance*

Penentuan *allowance* dilakukan dengan menggunakan standar ILO. Berikut contoh perhitungan *allowance* pada proses slitting ditunjukkan oleh tabel dibawah ini.

**Tabel** Perhitungan *Allowance*

<i>Constant Allowance</i>	<i>Personal Allowance</i>	5
	<i>Basic Fatigue Allowance</i>	4
<i>Variable Allowance</i>	<i>Standing Allowance</i>	2
	<i>Abnormal position Allowance</i>	0
	<i>Muscular Energi</i>	1
	<i>Bad Light</i>	0
	<i>Atmospheric Conditions</i>	0
	<i>Near / Close Attention</i>	0
	<i>Noise Level</i>	0
	<i>Mental Strain</i>	1
	<i>Monotony</i>	1
	<i>Tediousness</i>	2
Jumlah		16

Dari hasil penentuan *allowance* pada proses proses slitting dengan berdasarkan pada kondisi yang ada ditentukan *allowance* sebesar 16%.

e. Perhitungan waktu normal dan waktu baku

Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu normal dan waktu standar pada proses proses slitting.

Waktu Normal ( $W_n$ )

$W_n = \text{Waktu rata-rata} \times \text{performance Rating}$

$$= 85.47 \times 1.16$$

$$= 99.15 \text{ menit}$$

Waktu Standar (Ws)

$$Ws = \text{waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ allowance}}$$

$$= 118.03 \text{ menit}$$

Waktu normal proses proses slitting adalah 99.73 menit dan waktu standarnya adalah 118.03 menit.

#### 4. Perhitungan data waktu standar pada proses reworking

##### a. Uji keseragaman data

Langkah-langkah uji keseragaman data

##### 1. Membagi data dalam sub grup

$$k = 1 + 3.3 \log N$$

$$k = 1 + 3.3 \log 30$$

$$k = 5.8 = 6$$

**Tabel Pengamatan Stopwatch Time Study Pada Proses Reworking**

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
1	66	63	64	63	64	65
2	63	65	65	63	65	66
3	63	63	66	64	66	65
4	64	65	63	65	66	64
5	65	66	65	64	66	63
6	65	65	64	66	64	65
Jumlah	386	387	387	385	391	388
Rata-rata	64.33	64.50	64.50	64.17	65.17	64.67

Berdasarkan tabel diatas, maka waktu rata-rata satu siklus pada proses printing adalah 64.56 menit.

##### 2. Menghitung standar deviasi data

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (\text{untuk } N < 30)$$

$$\sigma = SD = 6.06$$

3. Menghitung standar deviasi rata-rata subgroup

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma_x = 1.01$$

4. Menentukan batas control atas (BKA) dan bawah (BKB).

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma$$

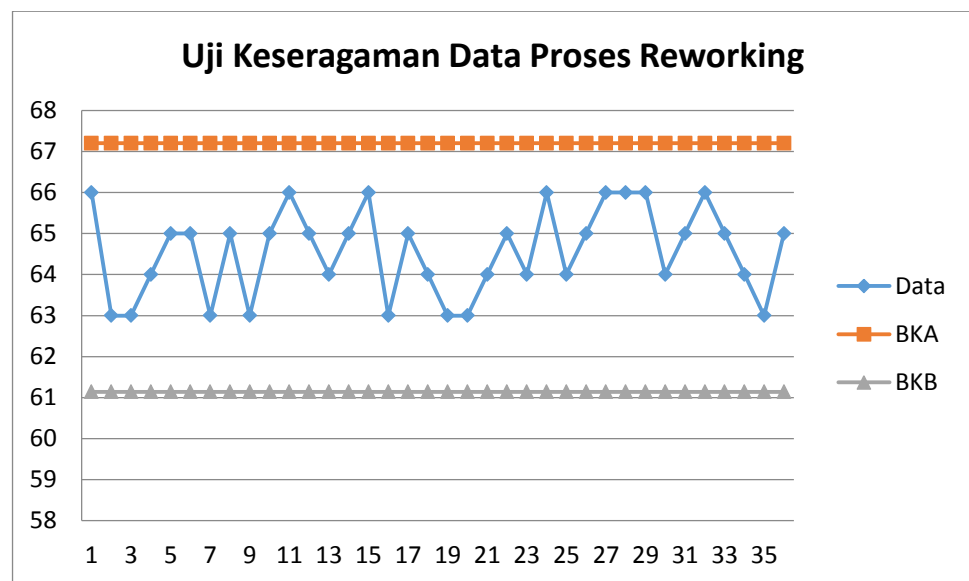
$$BKA = 64.56 + 3(1.01)$$

$$BKA = 67.20$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma$$

$$BKA = 64.56 - 3(1.01)$$

$$BKA = 61.14$$



Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa semua data waktu proses berada didalam batas-batas kendali sehingga dapat disimpulkan data pengamatan proses printing adalah seragam.

- b. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data adalah proses pengujian yang dilakukan terhadap data pengukuran untuk mengetahui apakah data yang diambil untuk penelitian sudah mencukupi untuk dilakukan perhitungan waktu baku. Berikut perhitungan uji kecukupan data pada proses extruder.

$$N' = \left( \frac{K}{S} \sqrt{\frac{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}{\sum x}} \right)$$

$N' = 14.61 = 15$  pengamatan

Berdasarkan perhitungan, maka  $N' < 50$  dinyatakan data telah cukup.

c. Penentuan *performance rating*

Penentuan *performance rating* menggunakan metode *Westinghouse System's Rating*. Tabel dibawah ini menunjukkan penentuan *performance rating* pada proses memasukkan material.

**Tabel** Perhitungan *Performance Rating*

Faktor	Class	Symbol	Rating
Skill	Fair	E1	-0.05
Effort	Excellent	B1	+0,1
Condition	Fair	C	+0,02
Consistency	Fair	E	-0.02
Jumlah			+0.05
<i>Performance Rating</i>			1,05

Hasil dari *performance rating* untuk proses reworking adalah 1.05.

d. Penentuan *Allowance*

Penentuan *allowance* dilakukan dengan menggunakan standar ILO. Berikut contoh perhitungan *allowance* pada proses reworking ditunjukkan oleh tabel dibawah ini.

**Tabel Perhitungan Allowance**

<i>Constant Allowance</i>	<i>Personal Allowance</i>	5
	<i>Basic Fatigue Allowance</i>	4
<i>'Variable Allowance</i>	<i>Standing Allowance</i>	2
	<i>Abnormal position Allowance</i>	0
	<i>Muscular Energi</i>	1
	<i>Bad Light</i>	0
	<i>Atmospheric Conditions</i>	0
	<i>Near / Close Attention</i>	0
	<i>Noise Level</i>	0
	<i>Mental Strain</i>	1
	<i>Monotony</i>	1
	<i>Tediousness</i>	2
	Jumlah	16

Dari hasil penentuan *allowance* pada proses proses reworking dengan berdasarkan pada kondisi yang ada ditentukan *allowance* sebesar 16%

e. Perhitungan waktu normal dan waktu baku

Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu normal dan waktu standar pada proses proses reworking.

Waktu Normal (Wn)

$W_n = \text{Waktu rata-rata} \times \text{performance Rating}$

$$= 64.56 \times 1.05$$

$$= 67.79 \text{ menit}$$

Waktu Standar (Ws)

$$W_s = \text{waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ allowance}}$$

$$= 80.70 \text{ menit}$$

Waktu normal proses proses slitting adalah 67.79 menit dan waktu standar nya adalah 80.70 menit.

### Data Pengamatan *Stopwatch Time Study*

e. Proses extruder

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
1	67	63	65	66	65	63
2	67	66	64	65	63	65
3	63	67	66	66	66	66
4	64	65	64	63	67	63
5	66	65	67	65	64	67
6	63	65	65	64	64	63
7	66	65	64	63	65	67
8	63	64	63	66	65	64
9	65	64	64	65	67	64
10	67	63	65	63	64	65
11	66	66	64	66	63	66
12	64	67	63	65	65	67
13	66	67	67	66	66	64
14	63	67	63	67	66	64
15	64	65	65	63	65	65
Jumlah	974	979	969	973	975	973
Rata-rata	64.93	65.27	64.60	64.87	65.00	64.87

f. Proses printing

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
1	61	64	64	64	61	61
2	60	63	60	62	61	64
3	64	64	61	61	60	61
4	62	61	60	64	63	64
5	61	61	62	63	61	64
6	64	61	62	62	63	61
7	62	64	61	62	60	63
8	62	62	62	61	61	61
9	60	64	60	61	60	62
10	63	62	62	61	60	63
11	61	64	61	64	61	62
12	60	61	61	62	61	61

<b>Replikasi</b>	<b>Subgrup 1</b>	<b>Subgrup 2</b>	<b>Subgrup 3</b>	<b>Subgrup 4</b>	<b>Subgrup 5</b>	<b>Subgrup 6</b>
<b>13</b>	62	64	62	62	63	63
<b>14</b>	63	64	60	60	61	60
<b>15</b>	60	62	62	61	64	60
<b>Jumlah</b>	925	941	920	930	920	930
<b>Rata-rata</b>	61.67	62.73	61.33	62.00	61.33	62.00

g. Proses slitting

<b>Replikasi</b>	<b>Subgrup</b>					
	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	88	87	87	85	84	87
<b>2</b>	83	86	88	83	86	86
<b>3</b>	87	87	86	86	84	84
<b>4</b>	87	84	86	86	86	86
<b>5</b>	85	88	87	88	87	87
<b>6</b>	85	86	87	84	88	84
<b>7</b>	83	83	83	83	86	84
<b>8</b>	84	85	84	87	84	86
<b>9</b>	87	87	83	87	85	84
<b>10</b>	87	83	85	84	87	84
<b>11</b>	88	87	87	83	86	88
<b>12</b>	84	83	84	87	83	87
<b>13</b>	83	84	87	87	88	88
<b>14</b>	85	86	84	88	88	87
<b>15</b>	87	86	83	84	84	83
<b>Jumlah</b>	1283	1282	1281	1282	1286	1285
<b>Rata-rata</b>	85.53	85.47	85.40	85.47	85.73	85.67

h. Proses rewinding

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	66	63	64	63	64	65
<b>2</b>	63	65	65	63	65	66
<b>3</b>	63	63	66	64	66	65
<b>4</b>	64	65	63	65	66	64
<b>5</b>	65	66	65	64	66	63
<b>6</b>	65	65	64	66	64	65
<b>7</b>	64	64	63	63	63	65
<b>8</b>	64	66	64	64	63	63
<b>9</b>	65	65	65	65	64	65
<b>10</b>	65	66	66	66	65	64
<b>11</b>	63	63	65	65	64	64
<b>12</b>	66	66	66	65	65	66
<b>13</b>	64	66	63	64	64	66
<b>14</b>	64	63	66	66	65	65
<b>15</b>	63	63	63	66	66	65
<b>Jumlah</b>	964	969	968	969	970	971
<b>Rata-rata</b>	64.27	64.60	64.53	64.60	64.67	64.73



## LAMPIRAN 5

### Defect Proses Extruder

No.	Defect							
	<i>Fish Eye</i>	<i>Gel</i>	<i>Hole</i>	<i>Fold</i>	<i>Wrinkle</i>	<i>Bump</i>	<i>Transparant</i>	<i>Carbon</i>
1	1		95	2	2			
2	2		105	14	2			
3	2		143	4	1		4	
4	3		114		4			
5	4		104	9	1	1	1	
6			115	17	1	7	1	
7	1		74	7	2		3	
8	1		160	16	4	2		
9	1		116	19			4	
10			114	15	2		1	
11	2		140	6	1	1		1
12			160	14	3	1		
13	5		107	8	5	1		
14	1		87	5	3	1	4	
15	3		83	10	13	1		
Total	26	0	1717	146	44	15	18	1
Prosentase	1.32%	0.00%	87.29%	7.42%	2.24%	0.76%	0.92%	0.05%



## LAMPIRAN 6

### Alternatif Perbaikan Sistem

#### a. Data kondisi sebelum perbaikan

##### 1. Data material

No.	Mesin Extruder	Masterbatch	LLDPE	LDPE	PE	Recycle	Total
1	DNK	9000.00	2500.00	750.00	100.00	459.11	12809.11
	Musashino	8519.33	2366.48	709.94	94.66	434.59	12125.00
	Total	70.26%	19.52%	5.86%	0.78%	3.58%	
2	DNK	9000.00	2700.00	525.00	75.00	341.78	12641.78
	Musashino	9000.00	2025.00	425.00	50.00	0.00	11500.00
	Total	74.56%	19.57%	3.94%	0.52%	1.42%	
3	DNK	9000.00	2550.00	625.00	75.00	44.21	12294.21
	Musashino	11000.00	3300.00	675.00	100.00	395.16	15470.16
	Total	72.03%	21.07%	4.68%	0.63%	1.58%	
4	DNK	8000.00	3600.00	650.00	75.00	0.00	12325.00
	Musashino	10000.00	3275.00	825.00	125.00	338.44	14563.44
	Total	66.94%	25.57%	5.49%	0.74%	1.26%	
5	DNK	7000.00	3500.00	675.00	100.00	453.10	11728.10
	Musashino	10000.00	3025.00	825.00	100.00	483.37	14433.37
	Total	64.98%	24.94%	5.73%	0.76%	3.58%	
6	DNK	8000.00	3700.00	750.00	100.00	584.88	13134.88
	Musashino	10000.00	2825.00	750.00	100.00	711.10	14386.10
	Total	65.40%	23.71%	5.45%	0.73%	4.71%	
7	DNK	7000.00	3250.00	525.00	75.00	787.03	11637.03
	Musashino	10000.00	2850.00	600.00	75.00	653.19	14178.19
	Total	65.85%	23.63%	4.36%	0.58%	5.58%	
Rata-Rata		68.58%	22.57%	5.07%	0.68%	3.10%	
8	DNK	8000.00	2275.00	525.00	75.00	1221.18	12096.18
	Musashino	9000.00	2425.00	600.00	75.00	379.26	12479.26
	Total	69.17%	19.12%	4.58%	0.61%	6.51%	
9	DNK	7000.00	3200.00	600.00	75.00	1904.89	12779.89
	Musashino	9000.00	2550.00	700.00	100.00	1297.70	13647.70
	Total	60.54%	21.76%	4.92%	0.66%	12.12%	
10	DNK	6000.00	3650.00	600.00	75.00	1851.46	12176.46
	Musashino	10000.00	2500.00	700.00	100.00	2070.45	15370.45
	Total	56.84%	21.85%	4.62%	0.62%	13.93%	
11	DNK	6000.00	3550.00	500.00	50.00	1874.34	11974.34
	Musashino	10000.00	2650.00	625.00	100.00	2270.81	15645.81
	Total	57.93%	22.45%	4.07%	0.54%	15.01%	

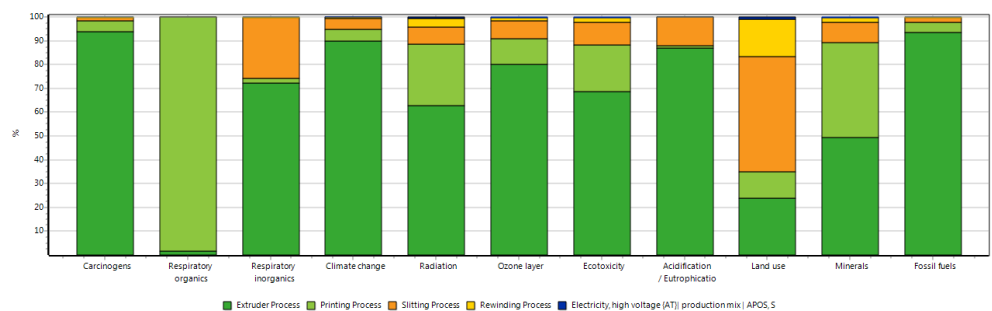
12	DNK	7000.00	3000.00	625.00	75.00	1694.99	12394.99
	Musashino	8000.00	2300.00	675.00	100.00	2097.98	13172.98
	Total	58.67%	20.73%	5.08%	0.68%	14.83%	
13	DNK	8000.00	2500.00	600.00	75.00	996.29	12171.29
	Musashino	10000.00	2600.00	700.00	100.00	1327.41	14727.41
	Total	66.92%	18.96%	4.83%	0.65%	8.64%	
14	DNK	8000.00	2200.00	500.00	75.00	1506.66	12281.66
	Musashino	8000.00	2400.00	625.00	75.00	1004.46	12104.46
	Total	65.61%	18.86%	4.61%	0.62%	10.30%	
	Rata-Rata	62.24%	20.53%	4.67%	0.63%	11.62%	
15	DNK	8000.00	2300.00	550.00	75.00	1511.72	12436.72
	Musashino	8000.00	2175.00	575.00	75.00	1350.79	12175.79
	Total	65.01%	18.18%	4.57%	0.61%	11.63%	
16	DNK	8000.00	2400.00	550.00	75.00	1473.36	12498.36
	Musashino	6000.00	2350.00	575.00	75.00	2171.44	11171.44
	Total	59.15%	20.07%	4.75%	0.63%	15.40%	
17	DNK	8000.00	2550.00	750.00	100.00	1499.10	12899.10
	Musashino	8519.33	2366.48	709.94	94.66	434.59	12125.00
	Total	66.01%	19.65%	5.83%	0.78%	7.73%	
18	DNK	7000.00	2400.00	575.00	75.00	1454.61	11504.61
	Musashino	9661.09	2683.64	805.09	107.35	492.83	13750.00
	Total	65.97%	20.13%	5.46%	0.72%	7.71%	
19	DNK	9000.00	2500.00	750.00	100.00	885.07	13235.07
	Musashino	11347.39	3152.05	945.62	126.08	578.86	16150.00
	Total	69.24%	19.23%	5.77%	0.77%	4.98%	
20	DNK	7000.00	2100.00	550.00	75.00	1281.88	11006.88
	Musashino	10767.73	2991.04	897.31	119.64	549.29	15325.00
	Total	67.48%	19.33%	5.50%	0.74%	6.95%	
21	DNK	9000.00	2475.00	500.00	50.00	943.91	12968.91
	Musashino	8000.00	2450.00	550.00	75.00	1139.92	12214.92
	Total	67.50%	19.56%	4.17%	0.50%	8.27%	
	Rata-Rata	65.77%	19.45%	5.15%	0.68%	8.95%	
22	DNK	8000.00	2400.00	525.00	75.00	1216.57	12216.57
	Musashino	9000.00	2650.00	750.00	100.00	1881.70	14381.70
	Total	63.91%	18.99%	4.79%	0.66%	11.65%	
23	DNK	8000.00	2500.00	575.00	75.00	1475.51	12625.51
	Musashino	8000.00	2450.00	550.00	75.00	1139.92	12214.92
	Total	64.41%	19.93%	4.53%	0.60%	10.53%	
24	DNK	7000.00	3200.00	550.00	75.00	1805.47	12630.47
	Musashino	9000.00	2650.00	750.00	100.00	1881.70	14381.70
	Total	59.23%	21.66%	4.81%	0.65%	13.65%	

25	DNK	6000.00	2900.00	450.00	50.00	1499.82	10899.82
	Musashino	9000.00	3150.00	675.00	100.00	2312.65	15237.65
	Total	57.39%	23.15%	4.30%	0.57%	14.59%	
26	DNK	7000.00	3150.00	575.00	75.00	1854.12	12654.12
	Musashino	9000.00	2750.00	725.00	100.00	2241.57	14816.57
	Total	58.24%	21.48%	4.73%	0.64%	14.91%	
27	DNK	6000.00	3850.00	675.00	100.00	99.46	10724.46
	Musashino	10000.00	3125.00	825.00	100.00	515.13	14565.13
	Total	63.27%	27.58%	5.93%	0.79%	2.43%	
28	DNK	6000.00	2775.00	375.00	50.00	632.45	9832.45
	Musashino	6000.00	1750.00	350.00	50.00		8150.00
	Total	66.73%	25.16%	4.03%	0.56%	3.52%	
	Rata-Rata	61.88%	22.56%	4.73%	0.64%	10.18%	
29	DNK	7000.00	2550.00	625.00	75.00	1658.46	11908.46
	Musashino	10000.00	2700.00	675.00	100.00		13475.00
	Total	66.97%	20.68%	5.12%	0.69%	6.53%	
30	DNK	8000.00	2475.00	625.00	75.00	1873.68	13048.68
	Musashino	9000.00	2800.00	675.00	100.00	1382.20	13957.20
	Total	62.95%	19.53%	4.81%	0.65%	12.06%	
31	DNK	8000.00	2600.00	550.00	75.00	1889.60	13114.60
	Musashino	9000.00	2925.00	775.00	100.00	1533.52	14333.52
	Total	61.94%	20.13%	4.83%	0.64%	12.47%	

## 2. Data dampak lingkungan

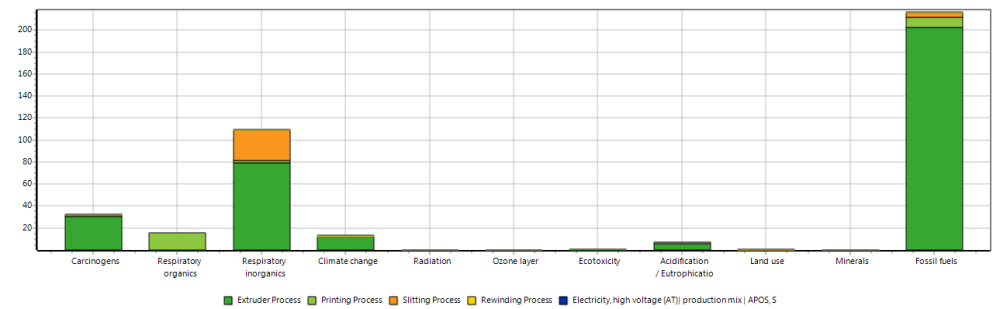
Hasil dari *software* Simapro untuk mengetahui dampak lingkungan adalah sebagai berikut.

### - Tahap *Characretization*



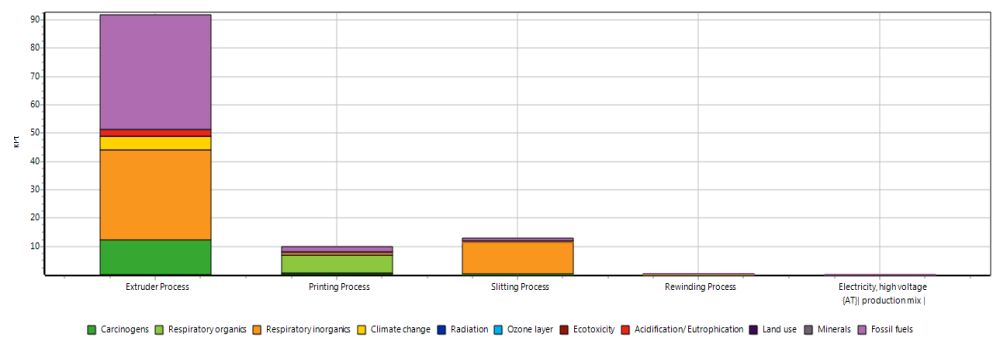
Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens	DALY	0.289	0.27	0.0136	0.00358	0.000757	0.000107
✓	Respiratory organics	DALY	0.139	0.0022	0.137	1.39E-5	2.02E-6	2.26E-7
✓	Respiratory inorganics	DALY	0.967	0.697	0.0187	0.248	0.00343	0.000171
✓	Climate change	DALY	0.119	0.107	0.00589	0.00537	0.000787	0.000111
✓	Radiation	DALY	0.00015	9.43E-5	3.89E-5	1.08E-5	5.43E-6	7.94E-7
✓	Ozone layer	DALY	2.62E-5	2.1E-5	2.79E-6	2E-6	3.93E-7	4.56E-8
✓	Ecotoxicity	PAF*m2yr	3.11E4	2.13E4	6.17E3	2.88E3	631	118
✓	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	3.86E4	3.36E4	358	4.61E3	47.3	7.03
✓	Land use	PDF*m2yr	3.12E3	743	350	1.5E3	487	35.4
✓	Minerals	MJ surplus	1.01E3	499	401	83.7	20.6	3.98
✓	Fossil fuels	MJ surplus	1.21E6	1.13E6	5.19E4	2.41E4	4.28E3	536

## - Tahap Normalization



Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens		32.7	30.6	1.54	0.405	0.0857	0.0121
✓	Respiratory organics		15.8	0.249	15.5	0.00157	0.000228	2.55E-5
✓	Respiratory inorganics		110	78.9	2.11	28	0.388	0.0193
✓	Climate change		13.5	12.1	0.667	0.608	0.0891	0.0125
✓	Radiation		0.017	0.0107	0.00441	0.00122	0.000614	8.99E-5
✓	Ozone layer		0.00297	0.00237	0.000316	0.000226	4.45E-5	5.17E-6
✓	Ecotoxicity		0.544	0.373	0.108	0.0503	0.011	0.00207
✓	Acidification/ Eutrophication		6.75	5.87	0.0626	0.806	0.00827	0.00123
✓	Land use		0.545	0.13	0.0612	0.263	0.0852	0.00618
✓	Minerals		0.18	0.0892	0.0716	0.015	0.00368	0.000712
✓	Fossil fuels		216	202	9.28	4.31	0.765	0.0958

## - Single score



- b. Penggunaan *recycle* yang berasal dari *waste* extruder dengan target sebesar 17%.

1. Data material

No .	Mesin Extruder	Masterbatch	LLDPE	LDPE	PE	Recycle	Total
1	DNK (kg)	9000.00	2500.00	750.00	100.00	459.11	12809.11
	Musashino (kg)	8519.33	2366.48	709.94	94.66	434.59	12125.00
	Total	70.26%	19.52%	5.86%	0.78%	3.58%	
2	DNK (kg)	9000.00	2700.00	525.00	75.00	341.78	12641.78
	Musashino (kg)	9000.00	2025.00	425.00	50.00	0.00	11500.00
	Total	74.56%	19.57%	3.94%	0.52%	1.42%	
3	DNK (kg)	9000.00	2550.00	625.00	75.00	44.21	12294.21
	Musashino (kg)	11000.00	3300.00	675.00	100.00	395.16	15470.16
	Total	72.03%	21.07%	4.68%	0.63%	1.58%	
4	DNK (kg)	8000.00	3600.00	650.00	75.00	0.00	12325.00
	Musashino (kg)	10000.00	3275.00	825.00	125.00	338.44	14563.44
	Total	66.94%	25.57%	5.49%	0.74%	1.26%	
5	DNK (kg)	7000.00	3500.00	675.00	100.00	453.10	11728.10
	Musashino (kg)	10000.00	3025.00	825.00	100.00	483.37	14433.37
	Total	64.98%	24.94%	5.73%	0.76%	3.58%	
6	DNK (kg)	8000.00	3700.00	750.00	100.00	584.88	13134.88
	Musashino (kg)	10000.00	2825.00	750.00	100.00	711.10	14386.10
	Total	65.40%	23.71%	5.45%	0.73%	4.71%	
7	DNK	7000.00	3250.00	525.00	75.00	787.03	11637.03
	Musashino	10000.00	2850.00	600.00	75.00	653.19	14178.19
	Total	65.85%	23.63%	4.36%	0.58%	5.58%	
Rata-Rata		68.58%	22.57%	5.07%	0.68%	3.10%	
8	DNK (kg)	8000.00	2275.00	525.00	75.00	1221.18	12096.18
	Musashino (kg)	9000.00	2425.00	600.00	75.00	379.26	12479.26
	Total	69.17%	19.12%	4.58%	0.61%	6.51%	

9	DNK (kg)	7000.00	3200.00	600.0 0	75.00	1904.89	12779.8 9
	Musashino (kg)	9000.00	2550.00	700.0 0	100.0 0	1297.70	13647.7 0
	Total	60.54%	21.76%	4.92%	0.66%	12.12%	
10	DNK (kg)	6000.00	3650.00	600.0 0	75.00	1851.46	12176.4 6
	Musashino (kg)	10000.00	2500.00	700.0 0	100.0 0	2070.45	15370.4 5
	Total	56.84%	21.85%	4.62%	0.62%	13.93%	
11	DNK (kg)	6000.00	3550.00	500.0 0	50.00	1874.34	11974.3 4
	Musashino (kg)	10000.00	2650.00	625.0 0	100.0 0	2270.81	15645.8 1
	Total	57.93%	22.45%	4.07%	0.54%	15.01%	
12	DNK (kg)	7000.00	3000.00	625.0 0	75.00	1694.99	12394.9 9
	Musashino (kg)	8000.00	2300.00	675.0 0	100.0 0	2097.98	13172.9 8
	Total	58.67%	20.73%	5.08%	0.68%	14.83%	
13	DNK (kg)	8000.00	2500.00	600.0 0	75.00	996.29	12171.2 9
	Musashino (kg)	10000.00	2600.00	700.0 0	100.0 0	1327.41	14727.4 1
	Total	66.92%	18.96%	4.83%	0.65%	8.64%	
14	DNK (kg)	8000.00	2200.00	500.0 0	75.00	1506.66	12281.6 6
	Musashino (kg)	8000.00	2400.00	625.0 0	75.00	1004.46	12104.4 6
	Total	65.61%	18.86%	4.61%	0.62%	10.30%	
	Rata-Rata	62.24%	20.53%	4.67%	0.63%	11.62%	
15	DNK (kg)	8000.00	2300.00	550.0 0	75.00	1511.72	12436.7 2
	Musashino (kg)	8000.00	2175.00	575.0 0	75.00	1350.79	12175.7 9
	Total	65.01%	18.18%	4.57%	0.61%	11.63%	
16	DNK (kg)	8000.00	2400.00	550.0 0	75.00	1473.36	12498.3 6
	Musashino (kg)	6000.00	2350.00	575.0 0	75.00	2171.44	11171.4 4
	Total	59.15%	20.07%	4.75%	0.63%	15.40%	
17	DNK (kg)	8000.00	2550.00	750.0 0	100.0 0	1499.10	12899.1 0
	Musashino (kg)	8519.33	2366.48	709.9 4	94.66	434.59	12125.0 0
	Total	66.01%	19.65%	5.83%	0.78%	7.73%	
18	DNK (kg)	7000.00	2400.00	575.0 0	75.00	1454.61	11504.6 1



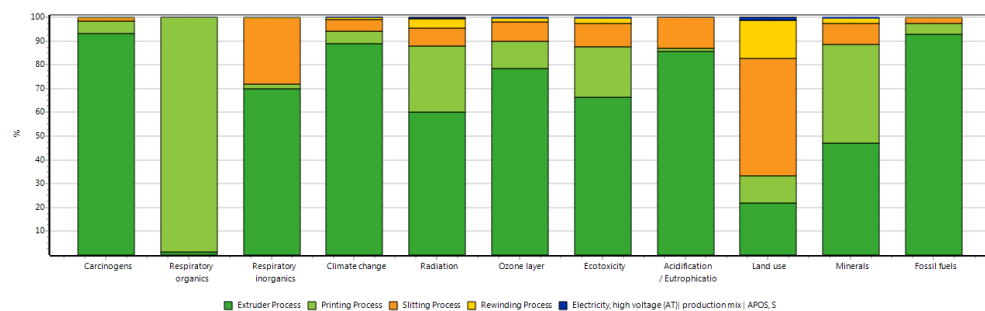
	Musashino (kg)	9661.09	2683.64	805.0 9	107.3 5	492.83	13750.0 0
	Total	65.97%	20.13%	5.46%	0.72%	7.71%	
19	DNK (kg)	9000.00	2500.00	750.0 0	100.0 0	885.07	13235.0 7
	Musashino (kg)	11347.39	3152.05	945.6 2	126.0 8	578.86	16150.0 0
	Total	69.24%	19.23%	5.77%	0.77%	4.98%	
20	DNK (kg)	7000.00	2100.00	550.0 0	75.00	1281.88	11006.8 8
	Musashino (kg)	10767.73	2991.04	897.3 1	119.6 4	549.29	15325.0 0
	Total	67.48%	19.33%	5.50%	0.74%	6.95%	
21	DNK (kg)	9000.00	2475.00	500.0 0	50.00	943.91	12968.9 1
	Musashino (kg)	8000.00	2450.00	550.0 0	75.00	1139.92	12214.9 2
	Total	67.50%	19.56%	4.17%	0.50%	8.27%	
	Rata-Rata	65.77%	19.45%	5.15%	0.68%	8.95%	
22	DNK (kg)	8000.00	2400.00	525.0 0	75.00	1216.57	12216.5 7
	Musashino (kg)	9000.00	2650.00	750.0 0	100.0 0	1881.70	14381.7 0
	Total	63.91%	18.99%	4.79%	0.66%	11.65%	
23	DNK (kg)	8000.00	2500.00	575.0 0	75.00	1475.51	12625.5 1
	Musashino (kg)	8000.00	2450.00	550.0 0	75.00	1139.92	12214.9 2
	Total	64.41%	19.93%	4.53%	0.60%	10.53%	
24	DNK (kg)	7000.00	3200.00	550.0 0	75.00	1805.47	12630.4 7
	Musashino (kg)	9000.00	2650.00	750.0 0	100.0 0	1881.70	14381.7 0
	Total	59.23%	21.66%	4.81%	0.65%	13.65%	
25	DNK (kg)	6000.00	2900.00	450.0 0	50.00	1499.82	10899.8 2
	Musashino (kg)	9000.00	3150.00	675.0 0	100.0 0	2312.65	15237.6 5
	Total	57.39%	23.15%	4.30%	0.57%	14.59%	
26	DNK (kg)	7000.00	3150.00	575.0 0	75.00	1854.12	12654.1 2
	Musashino (kg)	9000.00	2750.00	725.0 0	100.0 0	2241.57	14816.5 7
	Total	58.24%	21.48%	4.73%	0.64%	14.91%	
27	DNK (kg)	6000.00	3850.00	675.0 0	100.0 0	99.46	10724.4 6
	Musashino	10000.00	3125.00	825.0	100.0	515.13	14565.1

	(kg)			0	0		3
	Total	63.27%	27.58%	5.93%	0.79%	2.43%	
28	DNK (kg)	6000.00	2775.00	375.00	50.00	632.45	9832.45
	Musashino (kg)	6000.00	1750.00	350.00	50.00		8150.00
	Total	66.73%	25.16%	4.03%	0.56%	3.52%	
	Rata-Rata	61.88%	22.56%	4.73%	0.64%	10.18%	
29	DNK (kg)	7000.00	2550.00	625.00	75.00	1658.46	11908.46
	Musashino (kg)	10000.00	2700.00	675.00	100.00		13475.00
	Total	66.97%	20.68%	5.12%	0.69%	6.53%	
30	DNK (kg)	8000.00	2475.00	625.00	75.00	1873.68	13048.68
	Musashino (kg)	9000.00	2800.00	675.00	100.00	1382.20	13957.20
	Total	62.95%	19.53%	4.81%	0.65%	12.06%	
31	DNK (kg)	8000.00	2600.00	550.00	75.00	1889.60	13114.60
	Musashino (kg)	9000.00	2925.00	775.00	100.00	1533.52	14333.52
	Total	61.94%	20.13%	4.83%	0.64%	12.47%	

## 2. Data dampak lingkungan

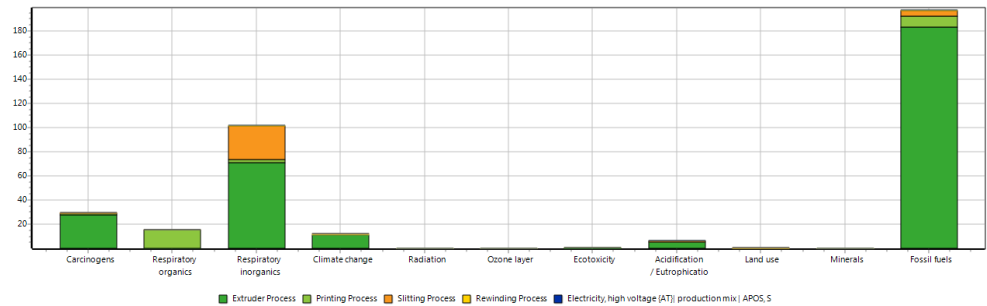
Hasil dari *software* Simapro untuk mengetahui dampak lingkungan adalah sebagai berikut.

### - Tahap *Characretization*



Se	Impact category	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	DALY	0.262	0.243	0.0136	0.00358	0.000757	0.000107
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory organics	DALY	0.139	0.00198	0.137	1.39E-5	2.02E-6	2.26E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory inorganics	DALY	0.899	0.629	0.0187	0.248	0.00343	0.000171
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	DALY	0.109	0.0966	0.00589	0.00537	0.000787	0.000111
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiation	DALY	0.000141	8.49E-5	3.89E-5	1.08E-5	5.43E-6	7.94E-7
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer	DALY	2.41E-5	1.89E-5	2.79E-6	2E-6	3.93E-7	4.56E-8
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecotoxicity	PAF*m2yr	2.9E4	1.92E4	6.17E3	2.88E3	631	118
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	3.53E4	3.03E4	358	4.61E3	47.3	7.03
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	PDF*m2yr	3.05E3	669	350	1.5E3	487	35.4
<input checked="" type="checkbox"/>	Minerals	MJ surplus	959	450	401	83.7	20.6	3.98
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil fuels	MJ surplus	1.1E6	1.02E6	5.19E4	2.41E4	4.28E3	536

- Tahap *Normalization*



Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens		29.6	27.6	1.54	0.405	0.0857	0.0121
✓	Respiratory organics		15.8	0.224	15.5	0.00157	0.000228	2.55E-5
✓	Respiratory inorganics		102	71.2	2.11	28	0.388	0.0193
✓	Climate change		12.3	10.9	0.667	0.608	0.0891	0.0125
✓	Radiation		0.0159	0.00961	0.00441	0.00122	0.000614	8.99E-5
✓	Ozone layer		0.00273	0.00214	0.000316	0.000226	4.45E-5	5.17E-6
✓	Ecotoxicity		0.507	0.336	0.108	0.0503	0.011	0.00207
✓	Acidification/ Eutrophication		6.17	5.29	0.0626	0.806	0.00827	0.00123
✓	Land use		0.532	0.117	0.0612	0.263	0.0852	0.00618
✓	Minerals		0.171	0.0804	0.0716	0.015	0.00368	0.000712
✓	Fossil fuels		197	183	9.28	4.31	0.765	0.0958

- Single score

Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
	Total	kPt	106	82.8	9.91	12.9	0.421	0.0407
✓	Carcinogens	kPt	11.8	11	0.618	0.162	0.0343	0.00485
✓	Respiratory organics	kPt	6.3	0.0898	6.21	0.00063	9.12E-5	1.02E-5
✓	Respiratory inorganics	kPt	40.7	28.5	0.845	11.2	0.155	0.00773
✓	Climate change	kPt	4.92	4.37	0.267	0.243	0.0356	0.00502
✓	Radiation	kPt	0.00637	0.00384	0.00176	0.000488	0.000246	3.6E-5
✓	Ozone layer	kPt	0.00109	0.000855	0.000126	9.04E-5	1.78E-5	2.07E-6
✓	Ecotoxicity	kPt	0.203	0.134	0.0431	0.0201	0.00441	0.000827
✓	Acidification/ Eutrophication	kPt	2.47	2.12	0.0251	0.322	0.00331	0.000492
✓	Land use	kPt	0.213	0.0467	0.0245	0.105	0.0341	0.00247
✓	Minerals	kPt	0.0343	0.0161	0.0143	0.00299	0.000737	0.000142
✓	Fossil fuels	kPt	39.5	36.6	1.86	0.863	0.153	0.0192

c. Perubahan komposisi material .

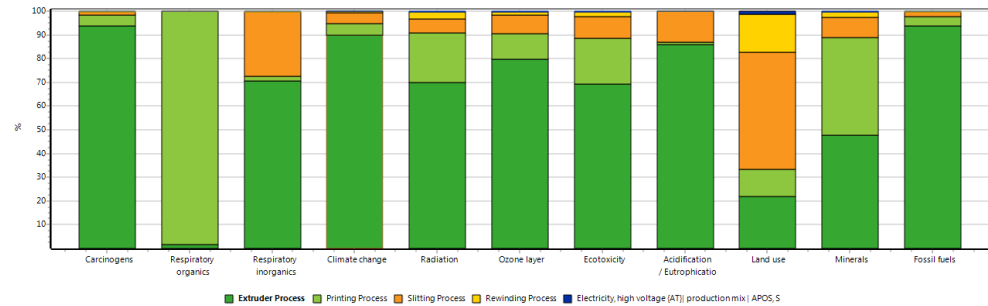
1. Data material

No.	Masterbatch	LLDPE	LDPE	Additive	Total
1	14887.52	8647.06	1291.53	175.00	25001.10
2	14733.31	9023.82	1313.29	169.70	25240.11
3	15941.91	9857.00	1390.04	209.81	27398.76
4	16210.76	9751.76	1450.13	209.00	27621.65
5	16128.45	9482.64	1360.72	177.00	27148.80
6	14860.73	8521.35	1300.00	121.56	24803.63
7	14544.05	8806.76	1350.45	169.00	24870.26
8	14737.32	8751.89	1400.65	137.00	25026.86
9	15269.48	8666.40	1727.77	133.88	25797.53
10	14519.44	8312.42	1335.12	148.095	24315.07
Total	151832.95	89821.08	13919.68	1650.05	257223.75

## 2. Data dampak lingkungan

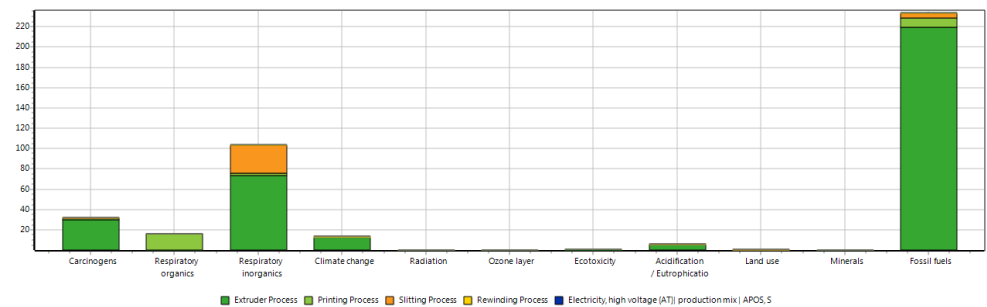
Hasil dari *software* Simapro untuk mengetahui dampak lingkungan adalah sebagai berikut.

### - Tahap *Characretization*



Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens	DALY	0.284	0.266	0.0136	0.00358	0.000757	0.000107
✓	Respiratory organics	DALY	0.139	0.0021	0.137	1.39E-5	2.02E-6	2.26E-7
✓	Respiratory inorganics	DALY	0.917	0.647	0.0187	0.248	0.00343	0.000171
✓	Climate change	DALY	0.122	0.11	0.00589	0.00537	0.000787	0.000111
✓	Radiation	DALY	0.000186	0.00013	3.89E-5	1.08E-5	5.43E-6	7.94E-7
✓	Ozone layer	DALY	2.59E-5	2.07E-5	2.79E-6	2E-6	3.93E-7	4.56E-8
✓	Ecotoxicity	PAF*m2yr	3.2E4	2.22E4	6.17E3	2.88E3	631	118
✓	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	3.6E4	3.09E4	358	4.61E3	47.3	7.03
✓	Land use	PDF*m2yr	3.04E3	668	350	1.5E3	487	35.4
✓	Minerals	MJ surplus	975	466	401	83.7	20.6	3.98
✓	Fossil fuels	MJ surplus	1.31E6	1.23E6	5.19E4	2.41E4	4.28E3	536

### - Tahap *Normalization*



Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
✓	Carcinogens		32.2	30.1	1.54	0.405	0.0857	0.0121
✓	Respiratory organics		15.8	0.238	15.5	0.00157	0.000228	2.55E-5
✓	Respiratory inorganics		104	73.2	2.11	28	0.388	0.0193
✓	Climate change		13.8	12.4	0.667	0.608	0.0891	0.0125
✓	Radiation		0.021	0.0147	0.00441	0.00122	0.000614	8.99E-5
✓	Ozone layer		0.00293	0.00234	0.000316	0.000226	4.45E-5	5.17E-6
✓	Ecotoxicity		0.56	0.389	0.108	0.0503	0.011	0.00207
✓	Acidification/ Eutrophication		6.29	5.41	0.0626	0.806	0.00827	0.00123
✓	Land use		0.532	0.117	0.0612	0.263	0.0852	0.00618
✓	Minerals		0.174	0.0834	0.0716	0.015	0.00368	0.000712
✓	Fossil fuels		234	219	9.28	4.31	0.765	0.0958

- *Single score*

Se	Impact category /	Unit	Total	Extruder Process	Printing Process	Slitting Process	Rewinding Process	Electricity, high voltage
	Total	kPt	116	92.7	9.91	12.9	0.421	0.0407
<input checked="" type="checkbox"/>	Carcinogens	kPt	12.9	12	0.618	0.162	0.0343	0.00485
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory organics	kPt	6.31	0.0951	6.21	0.00063	9.12E-5	1.02E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Respiratory inorganics	kPt	41.5	29.3	0.845	11.2	0.155	0.00773
<input checked="" type="checkbox"/>	Climate change	kPt	5.51	4.96	0.267	0.243	0.0356	0.00502
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiation	kPt	0.00841	0.00588	0.00176	0.000488	0.000246	3.6E-5
<input checked="" type="checkbox"/>	Ozone layer	kPt	0.00117	0.000935	0.000126	9.04E-5	1.78E-5	2.07E-6
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecotoxicity	kPt	0.224	0.155	0.0431	0.0201	0.00441	0.000827
<input checked="" type="checkbox"/>	Acidification/ Eutrophication	kPt	2.51	2.16	0.0251	0.322	0.00331	0.000492
<input checked="" type="checkbox"/>	Land use	kPt	0.213	0.0467	0.0245	0.105	0.0341	0.00247
<input checked="" type="checkbox"/>	Minerals	kPt	0.0349	0.0167	0.0143	0.00299	0.000737	0.000142
<input checked="" type="checkbox"/>	Fossil fuels	kPt	46.8	43.9	1.86	0.863	0.153	0.0192



## LAMPIRAN 7

### Perbaikan Waktu Proses

#### 1. Proses extruder

Replikasi	Subgrup					
	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	60	60	58	60	63	62
<b>2</b>	60	59	58	63	58	63
<b>3</b>	62	60	59	63	62	62
<b>4</b>	58	62	62	59	58	61
<b>5</b>	60	59	63	61	63	63
<b>6</b>	61	58	62	58	58	58
<b>7</b>	60	60	61	61	58	59
<b>8</b>	59	59	58	62	60	59
<b>9</b>	60	58	62	61	63	63
<b>10</b>	60	62	60	59	60	63
<b>11</b>	62	60	60	59	62	59
<b>12</b>	62	58	63	59	61	63
<b>13</b>	61	63	62	61	63	60
<b>14</b>	59	60	63	61	62	61
<b>15</b>	63	59	62	58	60	59
<b>Jumlah</b>	907	897	913	905	911	915
<b>Rata-rata</b>	60.47	59.80	60.87	60.33	60.73	61.00

2. Proses printing

<b>Replikasi</b>	<b>Subgrup</b>					
	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	59	59	55	55	59	58
<b>2</b>	57	56	59	56	56	56
<b>3</b>	55	56	58	58	58	59
<b>4</b>	57	58	58	56	55	59
<b>5</b>	59	58	56	55	56	55
<b>6</b>	59	58	59	55	58	58
<b>7</b>	55	56	59	56	56	58
<b>8</b>	58	59	57	56	58	56
<b>9</b>	56	56	58	59	55	59
<b>10</b>	58	56	58	56	59	59
<b>11</b>	57	58	59	59	57	58
<b>12</b>	59	55	57	59	58	58
<b>13</b>	58	56	56	59	58	57
<b>14</b>	55	59	57	56	55	55
<b>15</b>	58	59	58	57	57	58
<b>Jumlah</b>	860	859	864	852	855	863
<b>Rata-rata</b>	57.33	57.27	57.60	56.80	57.00	57.53



## LAMPIRAN 8

